

地方都市における健康に着目した
低炭素交通システムの提案と評価

2013 年 3 月

眞坂 美江子

徳島大学

目次

第1章	序論	1
1.1.	背景	1
1.1.1.	地球温暖化問題の現状	1
1.1.2.	地球温暖化防止政策	3
1.1.3.	わが国の健康問題	4
1.2.	目的	5
1.2.1.	研究に対する問題意識	5
1.2.2.	本研究の目的	5
1.3.	論文構成	6
第2章	既往研究の整理	8
2.1.	交通計画の概要と既往研究	8
2.2.	健康に関する既往研究	11
2.3.	本研究の位置づけと特徴	11
第3章	地方都市における健康支援に着目した低炭素交通政策導入に関する評価	16
3.1.	研究対象地域の現状と低炭素交通の経緯	16
3.1.1.	徳島県の現状	16
3.1.2.	徳島県における低炭素交通推進の経緯	18
3.2.	徳島市中心部と郊外従業者の通勤行動比較	19
3.3.	対象者の自動車通勤からの転換意思の傾向	20
3.4.	奨励金政策導入による自動車抑制効果の推計	23
3.5.	政策対象者の環境と自動車利用意識を考慮した健康支援政策導入効果	25
3.5.1.	政策対象者の環境と自動車利用に対する意識の把握	25
3.5.2.	健康支援政策の導入効果	26
3.5.3.	健康支援政策と自動車利用意識に関する共分散構造モデル推定	29
3.5.4.	経済効果	32
3.6.	結語	41
第4章	健康支援による生活行動変容に向けた消費エネルギー算定手法	44
4.1.	エネルギー算定に関する既往手法の整理	44
4.1.1.	コンテキスト推定法	44
4.1.2.	合成加速度法	45
4.1.3.	3軸平均加速度法	45
4.1.4.	移動距離換算法	46
4.1.5.	心拍法	47
4.2.	交通手段利用時の消費エネルギー算定結果の実証的検証	48

4.2.1. 【実験 1】 歩行時の消費エネルギーー心拍間の相関検証	48
4.2.2. 【実験 2】 交通手段利用時における消費エネルギー算定	50
4.3. 交通手段利用時の消費エネルギー算定手法の提案と検証	55
4.4. 結語.....	56
第 5 章 健康 MM における健康・環境促進効果.....	59
5.1. 健康・環境促進効果の検証.....	59
5.1.1. 実験参加者の特徴.....	61
5.2. 健康・環境促進効果の推計	67
5.3. 健康・環境促進効果拡大施策	69
5.4. 結語.....	76
第 6 章 結論	78
6.1. 本研究で得られた成果.....	78
6.2. 今後の課題.....	79

第1章 序論

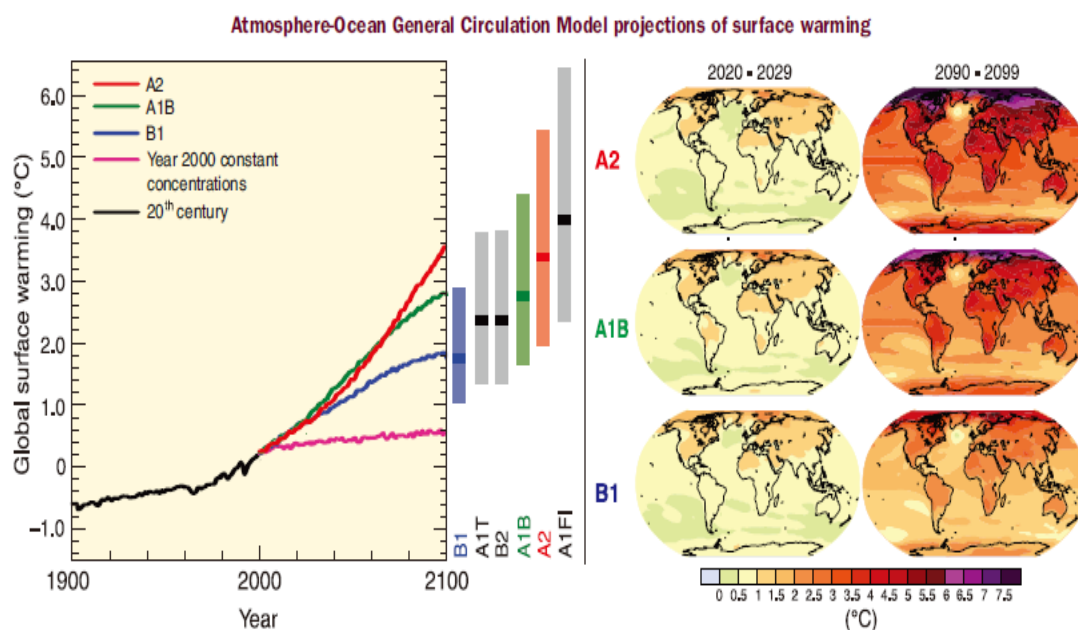
1.1. 背景

1.1.1. 地球温暖化問題の現状

地球表面の大気や海洋の平均温度は「地上平均気温」と呼ばれ、地球全体の気候の変化を表す明確な指標として用いられており、19世紀から統計がとられている。統計データによると地上平均気温は、揺らぎながらも明白に上昇傾向を示し、1906年-2005年の100年間で 0.74°C （誤差は $\pm 0.18^{\circ}\text{C}$ ）上昇したと報告されている。気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC)は、世界の経済の道筋を4つに大別し、それぞれの道筋を叙述的、または、定量的に描写したシナリオを前提とした将来の温室効果ガスの排出量を基に、2100年までの世界平均気温の変化を推計している（図 1-1）。推計によれば、世界平均気温の上昇は、最も上昇の小さいB1シナリオ（環境の保全と経済の発展が地球規模で両立する社会）で、 $1.1\sim 2.9^{\circ}\text{C}$ 、化石エネルギー源を重視しつつ高い経済成長を実現する社会(A1FIシナリオ)で、 $2.6\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ 上昇し、平均海面水位は、 $18\sim 59\text{cm}$ 上昇するとされている¹⁾。地球温暖化は、今後大きく加速するものと想定されており、世界が直面している深刻な地球環境問題のひとつとなっている。地球温暖化の原因とされる温室効果ガスにはいろいろなものがあるが、二酸化炭素(CO_2)、メタン(CH_4)、亜酸化窒素(N_2O)、ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)、パーフルオロカーボン類(PFCs)、六フッ化硫黄(SF_6)の6つの物質が代表的である²⁾。中でも二酸化炭素は、比率が高く温室効果ガスの9割を占めている³⁾。図 1-2 は、大気中の二酸化炭素濃度の推移である。地球には、二酸化炭素を吸収する力があるが、現在地球の吸収能力を超えて大気中に二酸化炭素を出し続けているため、大気中の二酸化炭素濃度は、どんどんと高まっている。現在の二酸化炭素濃度は、産業革命以前の平均的な値とされる280ppmに比べて約40%増加している⁴⁾。

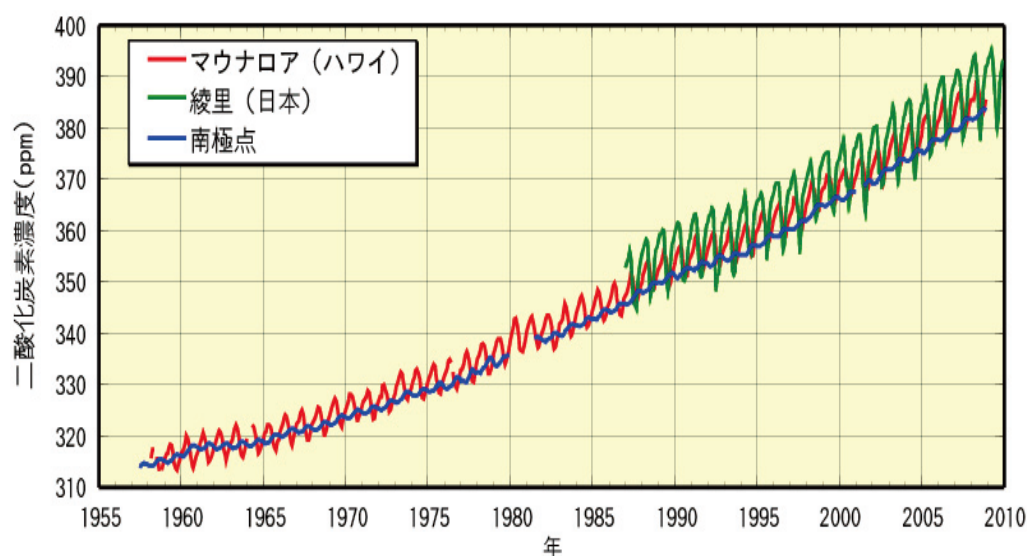
温室効果ガスの増加には、次のような歴史的背景があげられる。18世紀半ばに英国で始まった産業革命以降、先進国では木材ではなく、石炭や石油を動力源や発電、製鉄、化学製品の燃料といった原料として大量に使い始めた。一方、発展途上国では、焼き畑農業や、森林伐採を進めている。そのため、以前は排出された二酸化炭素は、森林が光合成に使って吸収したり、海洋に溶け込んだりして吸収されバランスをとっていたが、二酸化炭素排出量の増加と吸収するための森林の減少が共に進み、二酸化炭素排出は吸収しきれなくなっている。温暖化がすすむと、洪水、干ばつ、台風の多発や熱波の襲来という短期的な被害が出るだけでなく、森林が喪失し、そこに住む動植物が生息できなくなるなど自然が大きく変わる恐れもある。また、農作物の不足や、伝染病の流行など人類の活動への影響も懸念されている⁵⁾。この問題を解決するためには、温暖化が将来の人類や環境へ与える悪影響を考慮して、早急に対策を立てる必要がある。しかしながら、二酸化炭素の排出は、生活が豊かになったことによりその多くが引き起こされたものである。二酸化炭素を排出し

ないようにするということは、生活レベルや考え方の根本的な改革が必要となる。そのため地球温暖化問題は、重要な問題であるとの認識があるにもかかわらず、決定的な解決策がなかなか打ち出せていない。また、対策コストも非常に大きくなると見られており、その負担や政策的な優先度に関しても議論をしていく必要があるなど多くの課題を抱えている。



IPCC AR4 より抜粋

図 1-1 世界平均地上気温の上昇量と今後の予測¹⁾



気象庁 気候変動レポート 2010 より抜粋

図 1-2 大気中の二酸化炭素濃度の推移⁴⁾

1.1.2. 地球温暖化防止政策

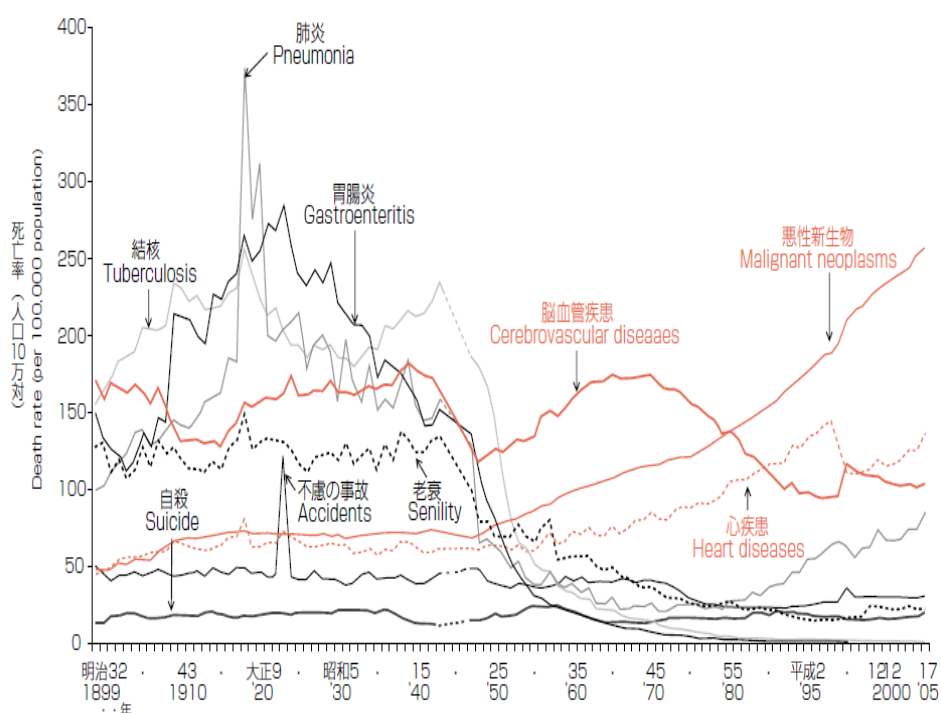
地球温暖化をめぐる国際的合意の最初のものとして、国連環境計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)の共催で、IPCC が 1988 年に設置されたことがあげられる。IPCC は、地球温暖化について科学的な研究の収集・整理のための政府間機構であり、地球温暖化に関する最新の知見の評価を行い、対策技術や政策の実現性、その効果に関する科学的知見の評価を提供している⁵⁾。その後、オランダのノルトヴェイクで開かれた大気汚染および気候変動に関する閣僚会議が、1989 年に大気汚染および気候変動に関するノルトヴェイク宣言を行い、気候変動に関する国連枠組み条約を早急に成立させるよう、その準備作業を強化・促進すべきであると勧告している⁶⁾。その結果、1992 年にブラジルのリオ・デ・ジャネイロにて開催された「環境と開発に関する国際連合会議」で、「気候変動に関する国際連合枠組条約」が採択された。同条約では、大気中の GHG 濃度の安定化と地球温暖化がもたらす悪影響防止のための枠組みがつくられ、2000 年までに二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスを、少なくとも 1990 年レベルまで戻すことが第 1 段階の目標とされている⁷⁾。これにより、地球温暖化の防止は、人類共通の課題として位置付けられることになった。その後、1997 年 12 月に日本の京都で開催された第 3 回締約国会議(COP3)では、161 カ国が参加して討議が行われ、「京都議定書」⁸⁾が採択された。この議定書では、先進国に対し二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの 2008～2012 年の平均排出量を先進国全体で 1990 年レベルよりも 5.2%以上削減することが決められている⁹⁾。そして、この目標を達成するため先進国に対して、各国別に 2008～2012 年の期間の削減目標を、日本：-6%、米国：-7%、EU：-8%等に設定された。さらに 2007 年には、インドネシアのバリ島で COP13 が開催され、「バリ行動計画」¹⁰⁾が合意された。バリ行動計画では、京都議定書以降、2013 年度からの更なる削減目標が定められる予定である。

わが国においても京都議定書の発効に伴い、地球温暖化対策を総合的かつ計画的に推進するための機関として、地球温暖化対策推進本部が内閣に設置された⁷⁾。2005 年 4 月 28 日、温室効果ガスの削減策を示した『京都議定書目標達成計画』が閣議決定された。具体的な内容としては、国民や企業に省エネ機器への買い替えを求め、政府も燃料電池や太陽光発電の導入を進めることにより、産業部門の二酸化炭素排出量を 1990 年比 8.6%削減すること、民生部門、運輸部門の排出量をそれぞれ同 10.7%増、同 15.1%増に抑えることを目標としていたが、目標の達成には至らず 2008 年に産業部門-4.6～-4.3%、家庭部門+0.9～+1.1%、運輸部門+1.8～+2.0%と目標値が改められた¹⁰⁾。このように家庭部門、および、運輸部門は、二酸化炭素部門別排出量の 20%を占めているにもかかわらず、未だプラスの削減目標となっており運輸部門の二酸化炭素排出量の削減は、急務とされている。

1.1.3. わが国の健康問題

高度経済成長期後半より始まった、モータリゼーションの進展に伴い、人々のライフスタイルも変化を遂げてきた。国民の健康問題は、環境問題に合わせてわが国の大きな問題となっている。現在、わが国における生活習慣病に関する医療費は、国民医療費の約 3 割に上っている¹²⁾。図 1-3 は、主要因別に見た死亡率の年次推移である。戦前日本人の死因の上位を占めていた疾病は、結核や腸炎などの感染症であったが、戦後、医療の発達、栄養の向上、衛生環境の改善などで、これら感染症による死因は激減、また乳幼児死亡率も低下するなど、日本人の平均寿命は飛躍的に伸び、世界的にも長寿国となった¹³⁾。そしてこれら感染症に代わり、がんや心臓病・脳血管疾患などの生活習慣病による死亡が増加しており、生活習慣病は、現代人の大きな健康問題のひとつとなっている。

豊かな社会になったことによって、栄養状態や衛生状態は改善され感染症は減少したが、むしろその豊かさが、食べ過ぎや運動不足という形でマイナスに作用し、生活習慣病の発症、地球環境の悪化等の課題を生み出している。豊かな社会の中で、人々がどのように地球と共存し健康的な生活習慣を実践していくかが、今後のわが国の課題のひとつとなっている。



厚生労働大臣官房統計情報部「人口動態統計」より抜粋

図 1-3 主要因子別に見た死亡率の年次推移¹⁴⁾

1.2. 目的

1.2.1. 研究に対する問題意識

現在地球は、過去 1300 年で最も暖かくなっている⁴⁾。この地球規模の気温の上昇、すなわち地球温暖化は、平均的な気温の上昇のみならず、熱波や大雨・干ばつの増加などのさまざまな気候変化をともなっている。社会は、それぞれの地域の気候を背景に形作られている。その気候が、地球規模で経験したことのないものになろうとしている。これから起こると予想される気候変化がもたらす様々な社会・経済的影響に対して我々は、世界各国との協力体制を構築し、解決策を見いだしていかなければならない。地球温暖化対策の中で一番大きな課題が、二酸化炭素の排出量の削減である。二酸化炭素の排出量を減らすには、化石燃料の消費を減らす必要がある。二酸化炭素の排出は、人為起源によるものであることが明らかである。わが国の二酸化炭素排出量は、産業活動が約 4 割と最も多いが、次いで家庭部門と運輸部門（自家用車利用を含む）による排出が、各 2 割を占めている²⁾。産業活動における積極的な二酸化炭素削減の取り組みに比べ、家庭部門と運輸部門の二酸化炭素の排出量は、いまだ増加の一途をたどっている。産業部門の削減努力のみでは、地球温暖化の進行を止めることは不可能であり、家庭、運輸部門における二酸化炭素排出量をいかに削減していくかが、今後の大きな課題となっている。しかしながら、家庭内や自家用車利用など、日常生活における二酸化炭素排出量を削減することは、容易なことではない。なぜなら従来の「公害問題」と呼ばれた頃の環境問題は、特定の加害者がいたのに対し、地球環境問題は、加害者が特定できない。加害者は、それを生み出しているのは社会のしくみであり、それを支えているのは国民一人ひとりの行動だからである。逆にその恩恵も特定できず、誰かが恩恵を受けると、ほかの人も恩恵を受けるため、「社会的ジレンマ」⁹⁾が生じる。

社会的ジレンマとは、「一人ひとりが自分にとって望ましい行動をとると、その行動自体にはほとんど問題がなくても、そのような行動が集まったときには社会的にも個人的にも望ましくない結果が生じる」というメカニズムである。これは、個別合理性と社会的合理性が乖離しているために生じる。社会的ジレンマの難しさは、悲劇的な結果を予想できてもその悲劇を回避できないところにある。自分一人が協力行動を取っても問題は解決されず、それどころか自分のコストがもっと大きくなってしまうからである。この社会的ジレンマを如何に解消するかが、日常生活における地球温暖化防止活動促進の鍵ともいえる。

1.2.2. 本研究の目的

本研究は、前節で述べた「社会的ジレンマ」を解決する術として、わが国が現在抱えている 2 大課題「環境問題」と「健康問題」に着目する。「環境問題」と「健康問題」はこれまで別々の問題として捉えられてきた。しかしながら、広い視野で両者を見ると、例えば、二酸化炭素排出量の大きなシェアを占める過度の自家用車利用は、歩行量の低下を招いている。一方で、歩行量の低下は、生活習慣病の要因とも言われており、特に交通分野では

両者は相互に影響を及ぼしている。このように、わが国における「環境問題」と「健康問題」は、密接にかかわっている。さらに、これまで社会的ジレンマが生じていた環境問題の解決に、個人の健康をメリットとして加えることにより、活動の恩恵を活動実施者が直接受けることが可能となり、ジレンマの軽減も期待できる。そこで本研究は、これら「環境問題」と「健康問題」の同時解決を目標とし、本大学が所在する徳島県において、効果的な低炭素交通政策を提案・評価することを目的とする。

1.3. 論文構成

本論文は、6章から構成されている。第1章である本章は、研究の背景となる地球温暖化問題と健康問題の経緯と、わが国の主な取り組みについて記載する。第2章にて、低炭素交通政策、特に健康に着目した交通政策に関する既往研究を整理し、本研究の位置づけを示す。第3章は、アンケート調査から徳島県における健康に着目した低炭素交通政策の導入可能性を評価し、低炭素交通政策として、どのような健康支援が有効であるかを明らかにする。第4章は、今後健康支援に必要と想定される、自動支援に向けて技術上の問題を明らかにしその解決を試みる。第5章は、健康を動機付けとした社会実験から、環境・健康の促進効果を分析する。最後に第6章で総括を述べる。

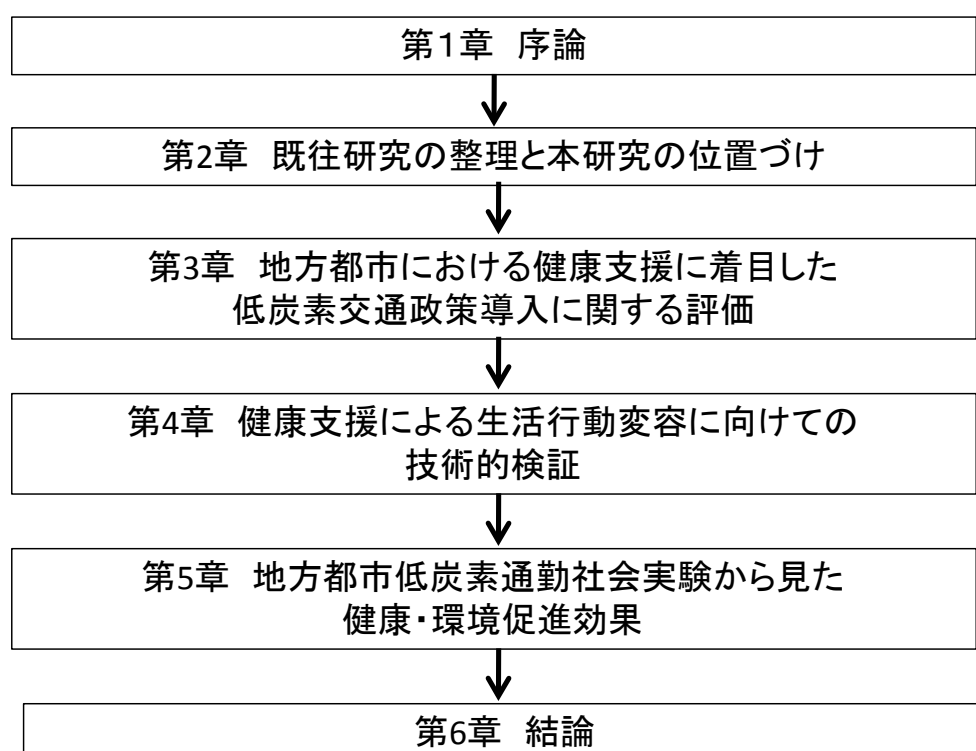


図 1-4 論文構成

第1章 参考文献

- 1) IPCC : Climate Change 2007 Synthesis Report, 2007.
- 2) 環境省 : 温室効果ガス排出量 <概要>, 2010.
- 3) 藤城敏幸 : 生活と環境, 東京教学社, 2000.
- 4) 気象庁 : 気候変動監視レポート, 2010.
- 5) ウィキペディア : <http://ja.wikipedia.org>
- 6) 三木優 : 地球温暖化が企業経営に与える影響とその対応戦略, Business & Economic Review, 2009.
- 7) 全国地球温暖化防止活動推進センター : <http://www.jccca.org>
- 8) 環境省 : 気候変動に関する国際連合枠組み条約の京都議定書, 1997.
- 9) 栗山浩一 : 最新環境経済学の基礎と仕組みがよーくわかる本, 秀和システム出版, 2008.
- 10) UNFCCC : Bali Action Plan, 2007.
- 11) 環境省 : 改定京都議定書目標達成計画 (閣議検定) の概要 資料1, 2008.
- 12) 厚生労働省 : 全国医療費適正計画 (案), 2007.
- 13) 日本フィットネス協会 : <http://www.jafanet.jp>
- 14) 厚生労働省 : 人口動態統計, 2009.

第2章 既往研究の整理

2.1. 交通計画の概要と既往研究

交通計画の策定とは、将来の社会経済状況を想定し、将来の交通需要を予測、将来に生じる可能性のある交通問題を想定して、それへの対応策を決めることであり¹⁾、社会の変化に伴い交通計画手法も変化している。

第2次大戦後の急速な都市化と自動車化が進展しつつあったとき、どのような消費財がどれだけ必要とされ、どこにどれだけ規模の公共施設が建設されるべきかを決定することはさほど難しい作業でなかった。現在世界中で広く使われている、四段階推計法¹⁾が開発されたのは、そのような時代であった。四段階推計法は、シカゴにおいて高速道路の需要予測をするために発明されたものである。考え方が非常に簡素でわかりやすいため、様々なところで交通需要予測として使われている。特に、鉄道や道路など輸送施設の新規建設がある場合には、どれだけの利用者が利用するかなどを予測する手法としてよく利用される。四段階推計法を代表とする交通計画は「需要追従型」で計画を作成する。「地域の人口分布や土地利用」をもとに「将来の交通需要」を推計し、それに合った交通施設を「供給計画」を立てるという考え方である。そのため、せっかく施設をつくっても、すぐに車が増えて混雑が解消しない。交通事故や環境問題も良くなならないなど、道路容量の提供が自動車交通需要の更なる増大を煽ることが明らかとなる一方で、道路建設は、物理的、財政的政治的にますます困難なものになりつつある今、道路容量の提供の意味そのものが問われてきた。そこで、供給を増やすのではなく、供給とバランスするように、需要(交通量)を調整する交通需要マネジメント(Transportation Demand Management :TDM)³⁾の発想が生まれた。

TDMは、米国で1970年代から1980年代にエネルギーの節約、大気汚染の改善、ピーク時混雑削減を目指して、1人乗り自動車通勤に対する代替案を提供すべきという正当な要望から始まったものとされている³⁾。その後1990年代に入って米国では、1990年改正清浄大気法(CAAA)、1991年の総合陸上交通効率化法(ISTEA)の中で、法的にも交通需要管理施策が組み入れられたこと、またMPOなど都市圏レベルでの地域の協働によるアプローチが要求されたことなどから、TDMはより広い地域の交通関連課題に対応する施策として普及していった。わが国においては、1980年代後半から、学識経験者により海外の先行事例が紹介され、「NEXT WAY」⁵⁾、「道路整備の長期構想」⁶⁾、「新道路整備5ヵ年計画」⁷⁾等で施策として位置づけられるようになった。日本におけるTDMは、都市、または、地域レベルの道路交通混雑の緩和を、道路利用者の時間帯の変更、経路の変更、手段の変更、自動車の効率的利用、発生源の調整等、交通需要を調整することによって行う手法の体系として定義づけられている(図2-1)。時間帯の変更に着目した政策検討の代表的なものに、高田ら¹¹⁾による時差出勤制度の社会実験があげられる。本実験は、官民協働組織によって

金沢市内の特定問屋団地への一斉呼びかけによる大規模な社会実験であり、交通渋滞の大幅な緩和効果が報告されている。さらに、福澤ら¹⁰⁾による、フレックスタイム導入後の長期的導入効果の検証や、有賀⁹⁾らによる、生活行動への影響分析を行うなど、時間帯変更政策への期待は大きく、様々な観点から調査されている。

TDM 施策として最も多い施策は、手段変更に着目したものである。代表的なものに愛知県で実施されたパーク・アンド・ライド社会実験、佐藤ら¹⁴⁾による、公共交通利用促進を目的とした交通エコポイントの導入実験、松村¹⁵⁾による通勤手当の見直しがある。パーク・アンド・ライドは、多くの場合新たな駐車場の確保が課題となるが、本実験は駅前店舗を活用、さらに、駐車料金を商品券として購入することにより、提携店舗、利用者双方のメリットを生み出すことに成功している。また、交通エコポイント導入社会実験は、愛知万博に合わせて実験的に導入されたものであるが、その後、他のエコポイントと連携し現在も継続されている。これらの政策は、大きな効果が期待できるものの、膨大な初期投資が必要となることから現在全国的な普及には至っていない。一方、通勤手当の見直しは、前者に比べると初期投資は、ほとんど必要とされない。特に役場等は、就業者の環境改善意識が高く、導入に対する反対は少数であったと報告されている。本実験の報告によると、手当でのみの変更により近距離自動車通勤者が約半数に減少している。

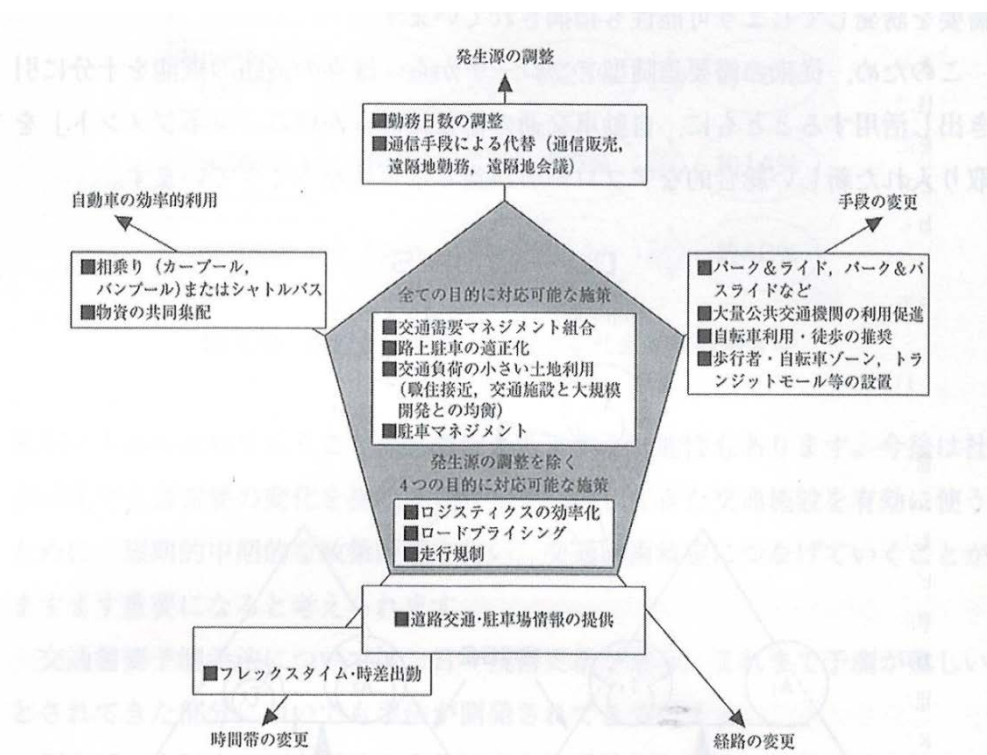
発生源の調整は、事例が少ないが、岐美ら¹⁶⁾による、業務用自家用車の自宅持ち帰り自粛による、都心部の流入交通量の抑制効果を調査したものなどがこれに当たる。岐美らは、首都高道路交通対策協議会が実施した業務車両の自宅持ち帰り車両削減キャンペーンの効果を分析し、4～10%の持ち帰り自粛効果を報告している。ただし、キャンペーンの効果は、短期的であり、長期的には効果が薄らぐことを指摘している。

経路の変更に着目した施策には、管ら¹⁷⁾による、一方通行道路の設置社会実験があげられる。管らは、宮崎県において一方通行道路設置社会実験を実施し、所要時間と周辺道路への影響を調査している。その結果、所要時間が3割減少したにも関わらず、周辺道路への影響はほとんど無かったと報告している。このようにTDMは、交通政策の経済学的な概念と理論を背景にしたもので、交通経済の専門家にとって、理解しやすいものであり有識者により多くの検討がなされた。しかし、典型的なTDM施策であるロードプライシングや流入規制は、欧州では成功事例が報告されている¹⁹⁾ものの、わが国では、受容意識の低さから導入が進んでいない。一方で、ノーカーデーや自動車利用自粛の呼びかけ等は、社会的な反対も少なく実施は可能であるものの効果が限られてくる²⁰⁾。つまり、TDMは合意形成の困難さから、わが国では実際的成果が限定的となっているといえる。このような中、多様な交通施策を活用し、個人や組織・地域のモビリティが社会にも個人にも望ましい方向へ自発的に変化することを促す取組みとして「モビリティ・マネジメント」(Mobility Management :MM)²¹⁾の発想が生まれた。

MMは、「大規模」かつ「個別的」にコミュニケーションを図るという点が、その最大の特徴である。そしてそのコミュニケーションの対象が世帯や個人の場合は「TFP」(Travel

Feedback Program) と呼ばれ、職場や学校等の組織を対象の場合は「OTP」(Organizational Travel Plan) と呼ばれている²²⁾。TFP の最も代表的な例が、豪州のパース都市圏の取り組みである²²⁾。この事例で 1999～2004 年度までに、約 17 万世帯を対象とした TFP が展開され自動車分担率 7%減、バス利用者総数 10%増の成果を上げている。国内では、上記に比べて小規模ながら京都府宇治地区による職場 MM²⁴⁾、龍ヶ崎市での居住者 MM²⁵⁾、つくば市で大学を対象とした学校教育 MM²⁶⁾等が行われており、1～3 割の自動車利用時間削減の効果を上げている。さらに、神田ら²⁷⁾による、環境通貨との連携、荒平²⁸⁾によるレンタサイクル、シャトルバスとの連携など、他の施策と組み合わせた複合的な施策も数多く実施されている。

英国では、事業所を対象とした OTP も盛んに進められている²⁹⁾。施策の概要は、企業や団体が、自らの活動から派生する交通において、相乗りの奨励や在宅勤務の奨励等の移動ニーズの抑制を達成するためのトラベルプランと呼ばれる計画書作成の義務づけや、トラベルプランを作成・実施するためのアドバイスや援助を行うコンサルタントへの相談・委託費用の補助施策などである。OTP の国内事例は、少数であるが、京都市³⁰⁾、³¹⁾による送迎バスの共同運航交通システムや交通面談、大分県³²⁾におけるバス利用促進を主体とした MM、福岡市³³⁾における「かしこいクルマの使い方」を考えるプロジェクトなどがあげられる。



わが国における交通需要マネジメント実施の手引きより
図 2-1 TDM の狙いと代表的な手法³⁾

2.2. 健康に関する既往研究

車社会の浸透により，わが国でも身体活動の低下による生活習慣病の増加が認められ，国全体で取り組む一次予防策として，その改善活動が開始されている．2000 年より開始した，「21 世紀における国民健康づくり運動（健康日本 21）」³⁴⁾では，身体活動が多い者や運動をよく行っている者は，総死亡率，虚血性心疾患，高血圧，糖尿病，肥満，骨粗鬆症，結腸癌などの罹患率や死亡率が低いことを示し，地域における運動の推進などについて，各分野の数値目標を定め，国民の健康増進運動を進めている．現在，わが国における生活習慣病に関する医療費は，国民医療費の約 3 割に上っている．この生活習慣病を防止するためには，日常生活の中で運動量を増やすことが重要である．運動をすると疾患の予防につながるということは常識と思われるが，その真偽については長い間議論されており，今日においても身体活動の有益性が疫学分野において数多く研究されている³⁵⁾．

運動には，ジョギングやテニスなど激しい運動が必ず必要ではなく，歩行程度の軽い運動でも，2 型糖尿病 (Hu FB³⁵⁾，LaaksonenDE³⁷⁾)，冠動脈疾患 (Manson JE³⁷⁾) のリスク減少につながることを報告されている．日本国内でも，Noda ら³⁹⁾，Sato ら⁴⁰⁾により，歩行と 2 型糖尿病や心疾患の関係について報告されており，ウォーキング等の軽負荷運動が見直されつつある．そこで通勤・通学等の交通行動が，簡単かつ継続的に適度な運動習慣が得られる行動として，近年大きな注目を集めている．

通勤時の交通手段と生活習慣病の関係に注目したものに，高田⁴¹⁾，村田⁴²⁾らによる報告がある．彼らは，通勤・通学に，活動的な交通手段や公共交通機関の利用頻度が増加するにつれて，生活習慣病の発症率が軽減することを示している．また，井上⁴³⁾は，生活習慣病対策として MM と医学の協働の重要性を述べている．

MM の観点から健康面の視点を取り入れようとする試みは，少数であるが，中井ら⁴⁴⁾や，瀬戸⁴⁵⁾らによる実験的報告がある．中井らは，万歩計により計測した歩行実態をフィードバックすることにより，歩行量 30% の増加を報告している．瀬戸らは，身体測定，血液検査，活動量調査等の健康に関する詳細情報の提供を行い，通勤通学時の自動車利用抑制に与える影響を調査し，自動車利用率の有意な低下を報告している．また，岡部ら⁴⁶⁾は，環境と健康に関する TFP を行い，環境と健康を合わせてフィードバックすると，より効果的に行動変容が進むと報告している．一方，程ら⁴⁷⁾は，地方都市において，通勤手段を自動車から徒歩や自転車に転換することによる生活習慣病患者数の減少効果を推計し，自転車や徒歩通勤の推進が，生活習慣病の抑制に有効であると述べている．しかしながら，特に自転車利用の推進に関しては，交通安全，道路整備等の課題が多く残されている⁴⁸⁾．

2.3. 本研究の位置づけと特徴

本研究は，地方都市のひとつであり，かつ，平成 5 年から平成 18 年まで糖尿病死亡率全国ワースト 1 位を記録し⁵⁰⁾，自動車に強く依存した生活スタイルと運動量の不足の双方が

指摘されている徳島県を対象とし、政策対象者の健康支援を通して健康・環境問題を同時に解決することを目的とした低炭素交通政策実現の可能性を検討する。具体的には、以下を明らかにする。

(1)徳島県住民の交通行動の実態

交通行動は、地域によって大きく異なることが想定されるため、政策対象者の現在の交通行動を事前に把握する必要がある。そこでパーソントリップ調査から、政策対象者の日常の交通行動を把握し、対象地における低炭素交通推進の必要性を明らかにする。

(2)地方都市における健康を動機付けとした低炭素交通政策の導入可能性

低炭素交通政策として、個人の健康に着目した取り組みは一部報告があるが、多くが実験的な検証であり、どのような健康支援が交通政策として効果が高いものかについて報告されたものは見当たらない。また、公共交通等の交通環境が異なる都心部と地方都市では、同じ政策を導入しても効果が異なるものと想定される。そこで本研究は、地方都市のひとつである徳島県を取り上げ、本地においてどのような健康支援が低炭素交通推進に有効であるかを明らかにする。

(3)低炭素交通推進のための健康支援に関する技術

健康支援に関する技術は多数存在するが、交通行動は、日常活動の中のごく一部であるとの認識から、交通行動利用時の健康支援について議論はあまりなされていない。本研究は、今後健康支援により交通行動変容を促すためには、個人の努力量を正確に提示する必要があるとの認識から、低炭素交通推進に必要な健康支援技術の問題点を明らかにし、その改善手法を提案する。

(4)低炭素通勤推進による環境・健康促進効果

特定保険指導料の義務化に伴い、企業において社員の健康への関心が高まりつつある。通勤行動は、日常的に繰り返すため、簡単かつ継続的に運動習慣が得られ、さらに低炭素にも繋がる活動であり、企業において従業員の健康と地球環境問題を同時解決できる健康 MM の推進は、新たな低炭素通勤施策としての可能性を秘めていると考える。そこで本論文では、公共交通が十分に発達していない地方都市において、自動車から徒歩のみでなく自転車への転換も考慮に入れた健康 MM を通勤施策として導入し、地方都市における健康 MM の導入効果を CO₂ 削減、および、健康促進効果の観点から評価する。

第2章参考文献

- 1) 久保田尚, 大口敬, 高橋勝美: 読んで学ぶ交通工学・交通計画, 理工図書, 2010.
- 2) ウィキペディア: <http://ja.wikipedia.org/wiki>
- 3) 交通需要マネジメントに関する調査研究委員会: わが国における交通需要マネジメント実施の手引き, 1999.
- 4) 大田勝敏: 交通需要マネジメント(TDM)の展開とモビリティ・マネジメント, 国際交通安全学会誌, Vol.31(4), pp.303-309, 2007.
- 5) 建設省道路局: 新長期構想の本 NEXTWAY, 長期構想研究会, 1992.
- 6) 建設省道路局: 道路整備の長期構想, 1993.
- 7) 建設省道路局: 新道路整備 5 箇年計画, 1998.
- 8) 高田純一, 谷英賢, 木村実, 小村正隆: 金沢市における時差出勤制度の社会実験, 土木計画学研究・講演集, No.20(2), pp.831-834, 1997.
- 9) 有賀敏典, 青野貞康, 大森宣暁他: web ベースの活動・交通シミュレータを用いた時差勤務制度に対する意向分析, 交通工学研究会, Vol.46(4), pp.46-55, 2011.
- 10) 福澤則久, 藤原章正, 杉恵頼寧, 周藤浩司: 時間分散型 TDM 施策の影響のダイナミクス分析, 土木計画学研究・講演集, No.23(1), pp.571-574, 2000.
- 11) 円山琢也: 都市域における混雑課金の政策分析: レビューと展望, 土木計画学研究・論文集, Vol.26(1), pp.15-32.
- 12) 木佐幸佳: 松江市における「時差通勤の社会実験」, 土木計画学研究・講演集, No.22, pp.666-667, 1999.
- 13) 愛知県 店舗利用型パーク・アンド・ライド社会実験:
http://www.pref.aichi.jp/toshi/p_r/info01.html
- 14) 佐藤仁美, 蔵内慎也, 森川高行, 山本俊行: 公共交通利用促進のためのポイント制度の評価に関する研究: 名古屋市における交通エコポイント社会実験から, 都市計画論文集, No.41(3), pp.25-30, 2006.
- 15) 松村 暢彦: マイカー通勤削減を目的とした通勤手当に対する通勤者の意識と行動に関する研究, 都市計画論文集, No.37, pp.259-263, 2002.
- 16) 岐美宗, 高田邦道: 東京都心部における業務用自家用自動車の自粛による利用抑制の可能性についての検討, 都市計画論文集, No.33, pp.175-180, 1998.
- 17) 管忍, 遠藤俊宏, 吉武哲信, 出口近士: 地方と試験における TDM 施策の適用可能性: 地区内道路の安全確保を考慮した清武町における社会実験, 都市計画学論文集, Vol38(3), pp.469-473, 2003.
- 18) 東京都環境局, <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp>
- 19) 独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構: 欧米のロードプライシングに関する調査研究報告書, 2009.
- 20) 津田洋子他: 企業参加型ノーマイカーデー運動への取り組みに関するアンケート調査,

- 信州公衆衛生雑誌, Vol.5(1), pp.76-77, 2010.
- 21) 土木学会：モビリティ・マネジメントの手引き，土木学会，2005.
 - 22) 藤井聡：モビリティ・マネジメント大規模かつ個別的なコミュニケーション型交通需要
マネジメント施策一，道路，No.771，pp.13-16，2005.
 - 23) 谷口綾子，高野伸栄，原文宏：かしこい車の使い方を目指したトラベル・フィードバック・プログラムの試み，オペレーションズ・リサーチ：経営の科学，社団法人日本オペレーションズ・リサーチ学会，48(11)，pp.841-820，2003.
 - 24) 京都府：宇治紀伊木通勤交通社会実験実施報告書，2006.
 - 25) 谷口綾子，藤井聡，島田絹子：高崎市・龍ヶ崎市における転入者対象モビリティ・マネジメントの概要とツール，第1回日本モビリティ・マネジメント会議発表資料，2006.
 - 26) 藤井聡：公共交通の利用促進～モビリティ・マネジメントの活用～，国際文化研修，Vol.66，pp.12-17，2010.
 - 27) 神田佑亮，松村暢彦，藤原章正：環境地域通貨とモビリティ・マネジメントの連携実施による低炭素社会づくりと地域活性化の可能性，都市計画論文集，No.45(3)，pp.463-468，2010.
 - 28) 荒平信行：福山都市圏のモビリティ・マネジメントを中心とした取組み，新都市，No.66(1)，pp.30-33，2012.
 - 29) 谷口綾子，藤井聡：英国における自動車利用抑制のためのソフト施策の現状，都市計画論文集，No.40(3)，pp. 361～366，2005.
 - 30) 国土交通省近畿運輸局：京都府南部地域における立地企業による交通運営方策に関する調査報告書，2006.
 - 31) 宮川愛由，村尾俊道，萩原剛，小西章仁，藤井聡：職場モビリティ・マネジメントにおける「交通面談」の取組，運輸政策研究，vol.12(1)，pp. 36～44，2009.
 - 32) 谷口礼史：大分県公共交通政策と MM，日本モビリティ・マネジメント会議発表資料，2009.
 - 33) 福岡における「かしこいクルマの使い方」を考えるプロジェクト：
<http://www.qsr.mlit.go.jp/fukukoku/mobility>
 - 34) 健康日本 21 企画検討会：21 世紀における国民健康づくり（健康日本 21）について 報告書，2000.
 - 35) Sallis J.F, Owen N. : Physical activity and behavioral medicine, SAGE Publications、1998.
 - 36) Hu G,Qiao Q,Silventoinen K, et al. : Occupational, commutation, and leisure-time physical activity in relation to risk for Type 2 diabetes in middle-aged Finnish men and women, Diabetologia , 46(3), pp.322-329, 2003.
 - 37) David E.Laaksonen et al. : Physical Activity in the Prevention of Type 2 Diabetes, DIABETES, Vol.54, pp.158-165, 2005.
 - 38) Manson JE, et al. : Walking compared with vigorous exercise for the prevention of

- cardiovascular events in women. New England Journal of Medicine, vol. 347, pp.716-725, 2002.
- 39) Hiroyuki Noda, et al. : Walking and Sports Participation and Mortality From Coronary Heart Disease and Stroke, J Am Coll Cardiol , Vol.46, pp.1761-1767, 2005.
- 40) Kyoko K. Sato et al. : Walking to Work Is an Independent Predictor of Incidence of Type 2 Diabetes in Japanese Men, Diabetes care, Vol.30(9), pp.2296-2298, 2007.
- 41) 高田康光 : 勤労者の通勤時運動期間と虚血性心疾患危険因子の関係, 厚生指標, Vol.51, pp.29-33, 2004.
- 42) 村田香織, 室町泰徳 : 個人の交通行動が健康状態に与える影響に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.23, pp.497-504, 2006.
- 43) 井上茂 : モビリティ・マネジメントへの医学領域からの期待, 日本モビリティ・マネジメント会議発表概要集, 第4回, p.39, 2009.
- 44) 中井祥太, 谷口守, 松中亮治, 森谷淳一 : 健康意識に働きかける MM の有効性 万歩計を用いた健康歩行量 TFP を通じて, 土木学会論文集, Vol.64, pp.45-54, 2008.
- 45) 瀬戸祐介, 大森宣暁, 原田昇 : 健康に着目した交通手段転換に関する研究, 交通工学研究発表会論文報告集, NO.27, pp.333-336, 2007.
- 46) 岡部裕輔, 竹内彩, 山中英生 : 健康と環境配慮意識による交通行動変容分析, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, vol.16, pp.235-236, 2010.
- 47) 程琦, 近藤光男, 竹内駿祐 : 通勤交通における自動車利用から徒歩・自転車への転換施策による健康促進効果の分析, 土木計画学研究・論文集, No.26, pp.947-956, 2009.
- 48) 小林奉文 : 自転車施策の課題, レファレンス, pp.5-35, 2004.
- 49) とくしま環境県民会議 : 低炭素地域づくり面的対策推進事業報告書, 2008.
- 50) 厚生労働省 : 都道府県別に見た死亡の状況, 2005.

第3章 健康支援に着目した低炭素交通政策の導入評価

本章は、地方都市における健康を動機付けとした低炭素通勤の導入可能性を評価する。自動車の使われ方や必要性は、地域により様々であり、全国一律の「心がけ」的な対策は効果に乏しく、地域の特徴をとらえた低炭素交通政策の必要性が唱えられている¹⁾。また、交通環境が大きく異なる大都市圏と地方都市では、同じ政策を導入しても同等の効果がないことも考えられる。

本研究は、地方都市のひとつであり、かつ、平成5年から平成18年まで糖尿病死亡率全国ワースト1位を記録し²⁾自動車に強く依存した生活スタイル、運動量の不足の双方が指摘されている徳島県を対象に、政策対象者の健康支援を通して健康・環境問題を同時に解決することを目的とした低炭素交通政策の実現可能性を評価する³⁾。

3.1. 研究対象地域の現状と低炭素交通の経緯

3.1.1. 徳島県の現状

徳島県は、四国の東部に位置する。本県は、全体的に山地の多い地形であり、山地が全面積のおよそ8割を占めている⁴⁾。山間部からは、水量の豊富な河川が多数流れ出しており、豊かな水資源をもたらしている。その一方で、山々は昔から現在に至るまで、徳島県内の物流や交流の大きな障害となってきた。表3-1に、徳島県の面積と人口を示す。徳島県は、面積、人口ともに大きな県ではなく、2012年現在の人口は、780,423人（人口密度で188.20人/km²）であり、人口密度は、国内で人口密度が最も高い東京都(6,024人/km²)の約1/30である。また、12の市町村が、過疎地域に指定されている⁵⁾。

表 3-1 徳島県の面積と人口

項目	内容	順位 (47都道府県中)
面積	4,146.74km ²	36位
人口	780,423人	44位
人口密度	188.20人/km ²	33位

国土交通省国土地理院「全国都道府県市区町村別面積調査」⁶⁾より

1988年に本州と四国を繋ぐ連絡橋（瀬戸大橋）が開通したことをきっかけに、徳島県を取り巻く交通体系も大きく変化した。これまで阪神方面への県民の足として親しまれてきた海上航路が運行を終了し、現在は3本の連絡橋が本州との主な架け橋となっている。本州と四国が陸路で連絡されたことにより、瀬戸内地域を中心に社会・経済に大きな変化がもたらされた。これらの道路は、日常生活のみでなく業務や観光など、多様な目的で利用され瀬戸内地域の交通動脈の役割を担っている。表 3-2 に徳島県における自動車の保有台数を、表 3-3～表 3-4 に、バス、および、鉄道の輸送状況を示す。自動車の保有台数はすべての用途において年々増加している。特に自家用乗用車の増加が大きく、平成21年現在の保有台数は、昭和40年代の約7倍、1世帯当たり1.3台の保有となっている⁸⁾。その一方で公共交通は、少子高齢化社会の進展、環境問題などの面から県民の生活交通の確保として求められているが、いずれも利用者は年々減りつつあり、昭和40年代に比べて、バスの利用者は10分の1、鉄道利用者は3分の1となっている。

表 3-2 徳島県の自動車保有台数 (単位：台)

年度	貨物	乗用	乗合用	特殊用途	二輪
昭和45	150,018	59,616	1,227	2,213	7,457
昭和50	234,924	130,336	1,398	4,282	5,787
昭和55	324,002	184,418	1,483	5,411	6,559
昭和60	387,547	197,924	1,519	5,928	11,319
平成元	449,695	220,854	1,651	7,374	12,939
平成5	510,722	282,313	1,728	8,512	14,071
平成10	576,799	361,482	1,805	11,245	15,975
平成15	604,588	407,229	1,715	11,913	17,102
平成20	607,789	425,338	1,712	11,007	18,399
平成21	607,814	427,834	1,703	10,866	18,570

資料 徳島県統計書⁹⁾ より

表 3-3 徳島県のバス輸送状況

年度	延実働車数(台)	走行キロ数(km)	輸送人員(人)
昭和45	180,302	24,598	61,587
昭和50	135,993	19,712	42,553
昭和55	166,767	18,723	29,148
昭和60	126,484	18,310	23,283
平成元	107,544	16,389	19,382
平成5	101,355	15,345	17,669
平成10	97,355	16,732	15,514
平成15	90,943	19,358	12,197
平成20	99,901	19,988	10,557
平成21	99,966	19,869	9,825

資料 徳島県統計書⁹⁾ より

表 3-4 徳島県の鉄道輸送状況

年度	普通(人)	定期(人)	計(人)
昭和45	8,129,874	18,327,830	26,457,704
昭和50	9,112,418	15,994,479	25,106,897
昭和55	7,426,664	13,468,151	20,894,815
昭和60	4,436,063	6,833,396	11,269,459
平成元	4,918,871	8,048,661	12,967,532
平成5	5,587,090	9,098,345	14,685,435
平成10	4,607,541	8,046,131	12,653,672
平成15	3,591,106	6,850,697	10,441,803
平成20	2,892,894	7,090,996	9,983,890
平成21	2,674,995	6,789,676	9,464,671

資料 徳島県統計書⁹⁾ より

3.1.2. 徳島県における低炭素交通推進の経緯

徳島県は、平成 12 年 1 月に「徳島県環境基本条例」の基本理念を踏まえ、「人と自然とが共生する住みやすい徳島」を実現するため、県民、事業者、行政の各主体が緊密な連携及び協力のもとで、提言、調査研究、普及啓発等に取り組むための協働組織を設立した¹⁰⁾。徳島県は本組織を中心に、平成 20 年度以降、地球温暖化対策における実践活動を行っている。徳島県内におけるこれまでの低炭素交通推進活動は、以下のとおりである¹³⁾。

①平成 20 年 11 月 10 日～14 日 徳島市中心部の交通社会実験

コミュニティサイクルステーションの設置と水上バス運行による、自転車利用促進可能性調査。5 日間の社会実験による温室効果ガス削減量 1,814kg (▲14%)

②平成 20 年 11 月 1 日～5 日 徳島市川内町の交通社会実験

パークアンドライドステーションとシャトルバス運行によるモーダルシフト可能性調査。5 日間の社会実験による温室効果ガス削減量 2,746kg (▲7%)

社会実験に合わせた調査では、大幅な二酸化炭素排出量の削減の可能性を示唆する成果が得られたものの、実際に社会実験中にモーダルシフトを実施した参加者は数%にとどまり、事前意向調査で参加の意向を示した比率と大きくかけ離れる結果となった。この結果から環境への意識はあるものの実行動を起こせないでいる就業者が多くいる実態が明らかとなり、自発行為を促す施策の必要性が唱えられている。

3.2. 徳島市中心部と郊外従業者の通勤行動比較

徳島県従業者の交通行動を市街地と郊外従業者を比較して示す。調査は、平成20年度の社会実験に合わせて、徳島市中心部と郊外工業団地の2箇所で実施されている。表3-5に調査概要を示す。調査は、徳島市中心部と郊外の従業者を対象に実施され、ともに2,000部以上のサンプルを得ている。市街地と郊外の従業者間で、男女比に大きな差異はないことも確認できる。図3-1は、市街地、郊外別に見た調査対象者の年齢比である。市街地、郊外とも、29歳未満および60歳以上の比率が低く、30歳代、40歳代、および、50歳代が、24%～34%の間ではほぼ均等となる類似した分布となっている。一方、図3-2の通勤距離は、ピーク距離が市街地調査1～5km、郊外調査5～10kmであり、調査地による差異が見られた。市街地は、ピークが近距離にあり裾野が広く分布しており、平均通勤距離は、市街地調査10.0km、郊外調査9.4kmであった。また、通勤手段は、図3-3に示すように、市街地調査で自動車通勤が34%、次いで自転車が32%となっており、その他にも多様な交通手段が選択されているが、郊外調査では、自動車が88%であり、高い自動車依存が見られる。そこで本研究は、徳島県の中でも特に通勤時の自動車依存が高い郊外従業者を対象とし、以降通勤時の自動車利用抑制を目的とした通勤政策を検討することとする。

表 3-5 調査概要

	市街地調査	郊外調査
対象者	徳島市中心部従業者	徳島市郊外従業者
調査日	平成20年10月	平成20年8月
回収部数	2,680部	2,572部
男女比	男性:74% 女性:26%	男性:75% 女性:25%

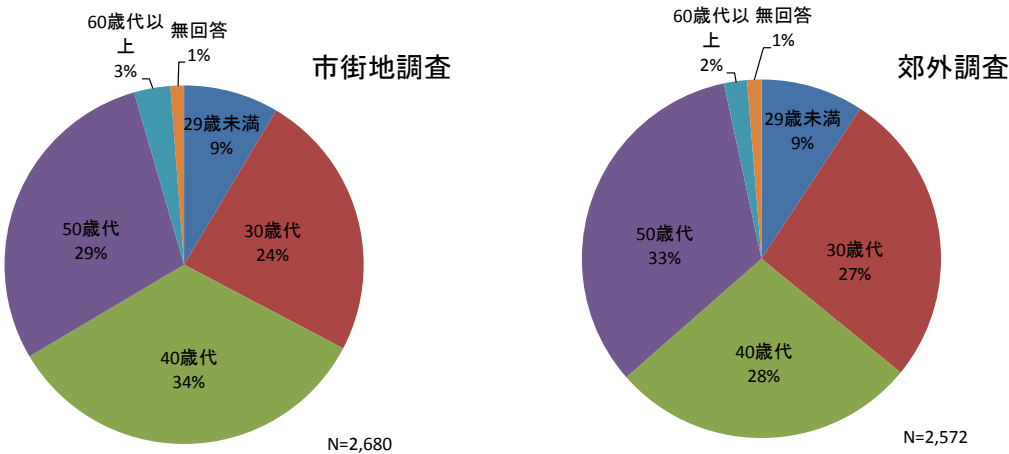


図 3-1 年齢構成

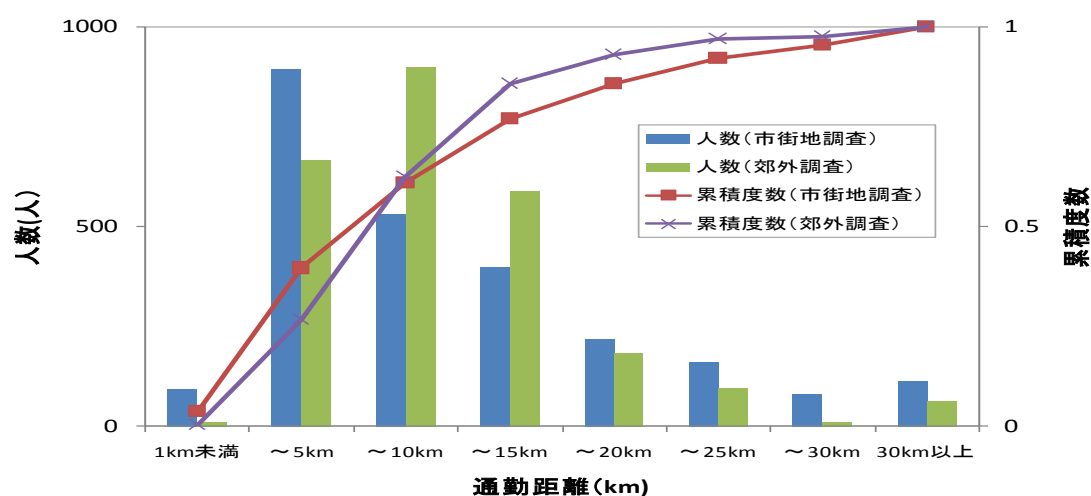


図 3-2 通勤距離分布

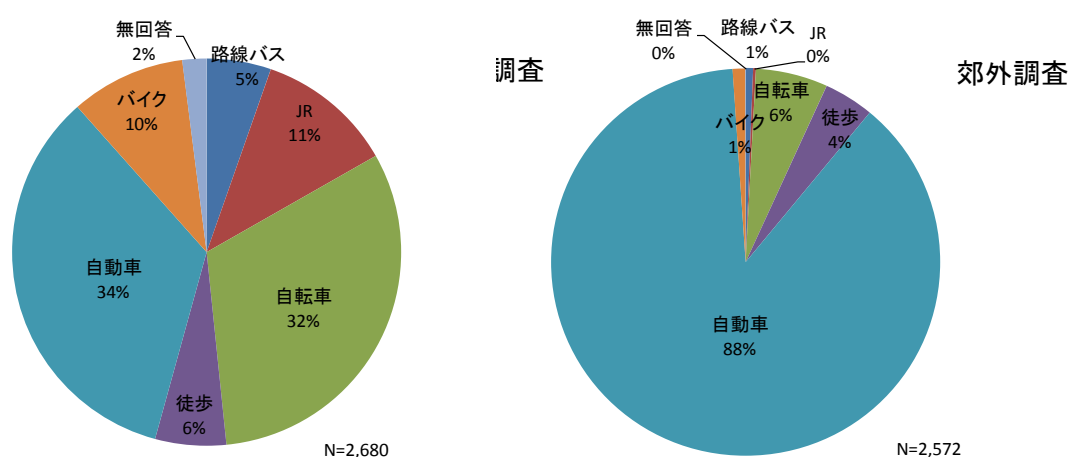


図 3-3 通勤手段

3.3. 対象者の自動車通勤からの転換意思の傾向

徳島県において健康を動機付けとした自動車利用抑制の可能性を把握することを目的としたアンケート調査を実施した。一口に健康支援といっても手法は様々であり、どのような支援が低炭素交通政策として有効であるかを把握する必要がある。そこで、健康支援に着目した低炭素通勤政策に対する参加意欲を調査した。表 3-6 に、アンケート概要を示す。アンケート実施日は、2010 年 11 月である。アンケート対象者は、徳島県内の特定郊外工業団地内の 9 事業所に従事する従業者とした。9 事業所全体の従業者数は、約 3,000 名であり、8 割を男性が占めている。一方、徳島県の労働者人口は、男性が 6 割であり¹²⁾、分析結果を県内全域に展開することを想定した場合、男性意見が強く反映されることが懸念される。そこで調査は、男女年齢比がほぼ同じとなるように回答者を選定した上で実施している。

アンケートの配布部数は180部、回収率88%、うち有効答率は87%(138サンプル)であった。

表 3-6 に、男女年代別の調査サンプル数、および、徳島県の労働者人口を示す。県内労働人口に対するサンプル率は、0.02～0.08%である。サンプル率に若干の偏りが見られるが、極端に少ない箇所はなく男女別評価が可能なサンプル数が得られている。

アンケート対象とした工業団地は、北部および南部の市街地中心部から約 8km、最寄駅から 6.6km 離れている(図 3-4)。また、通勤通学時間帯の最寄駅への列車乗り入れ本数は、1 時間に 3 本程度、さらに最寄り駅と対象地域を結ぶシャトルバス等もなく、通勤に十分な公共交通整備がされていない。このような背景もあり、通勤時に約 9 割が自動車を利用している。しかしながら、通勤距離別に自動車通勤者の割合を詳しく見ると(図 3-5)、通勤距離 5km 未満の近距離通勤者でも 80%以上となっており、公共交通の利便性のみでなく、通勤時に公共交通の利用を必要としない従業者も高い自動車利用となっていることがわかる。

表 3-6 アンケート概要

項目	内容
調査方法	アンケート調査
調査日	2010年11月
対象者	徳島市郊外従業者
配布部数	180部
回収部数	158部
有効回答数	138部(有効回答率87%)

表 3-7 被験者の男女年齢別人数と徳島県労働者人口

		29歳未満	30-39歳	40-49歳	50歳以上	計
調査 サンプル数 Ns	男性	9	15	16	14	54
	女性	12	15	27	30	84
徳島県 労働者人口 Ne	男性	33,060	41,397	41,776	93,003	209,236
	女性	29,652	31,819	35,518	67,600	164,589
Ns/Ne	男性	0.03%	0.04%	0.04%	0.02%	0.03%
	女性	0.04%	0.05%	0.08%	0.04%	0.05%



図 3-4 調査対象地域と最寄り駅

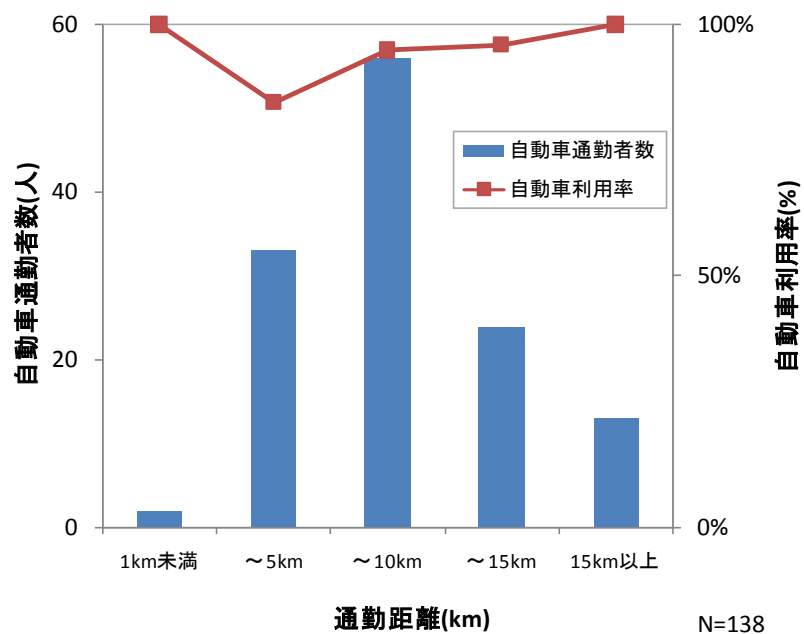


図 3-5 通勤距離別自動車利用率

3.4. 奨励金政策導入による自動車抑制効果の推計

健康支援に先立ち、ここでは、一般的な自動車抑制政策のひとつである奨励金を想定した場合の本地における政策の導入効果を推計する。対象地区の周辺にある一部の事業所は、自転車/徒歩通勤者に対する奨励金を制定し、自転車や徒歩による通勤を推奨している。そこで、既往事例と同額、もしくは、それ以上の奨励金を想定して自動車通勤から自転車/徒歩通勤への転換意思を調査した。奨励金の金額は、片道 200 円、片道 500 円、片道 1,000 円以上、何円でも控えないを選択肢とした。アンケート回答者 138 名のうち、現在自動車通勤している 128 名に対して調査した手当額に対する自動車通勤の抑制意思から導入効果を推計する。なお、片道 200 円以下の奨励金は、すでに片道 200 円の奨励金が周辺事業所で設定がされていることから、これより小額の奨励金は、周辺事業所の金額と比較してのデメリット感から参加意欲が下がることが懸念されるため、選択肢には含めていない。

奨励金の額ごとに、通勤距離に対する自動車通勤からの手段転換意思表示者の比率を求めたものを図 3-6 に示す。奨励金額が増えるに従い、転換意思表示者は増加する傾向が見られる。また、奨励金の額が少ないほど、2km 未満の通勤者に対し 2~4km で交通手段転換意思表示者率が大きく低下することもわかる。これより、二酸化炭素排出量 1t 当たりの単位削減費用 C_{prm} を推定した結果を表 3-8 に示す。ここで単位削減費用 C_{prm} は、奨励金として支払いが想定される費用 P_{prm} 、転換意思表明者の通勤距離 D_{prm} 、ならびに、対象地域で事前に調査した自家用車平均燃費 $U_f^{13)}$ から式(3-1)とする。転換意思表明者の比率は、図 3-6 より通勤距離に大きく関与しているため、通勤距離を変数に用いている。今回設定した奨励金の中で、単位削減費用が最も少ないものは、表 3-8 より片道 200 円であり、奨励金の額が上がると参加人数は増えるが、単位削減費用としては、費用が増加することがわかる。そこで以降の分析は、片道 200 円の奨励金を仮定する。本地で奨励金政策を想定した場合、最も単位削減効果が良いものを想定しても、二酸化炭素を 1t 削減するに当たり 213 千円の費用が必要となる。この結果を排出量取引のひとつである、国内クレジット相場(約 2,500 円/t)¹⁴⁾と比較すると、二酸化炭素を 1t 削減するために 50 倍以上の経費がかかる計算となる。自転車/徒歩通勤に対する奨励金政策は、名古屋市や静岡県をはじめ各地で多くの成功事例が報告されている¹⁵⁾が、今回の分析から、本研究の対象地域のような公共交通が十分整備されていない地域では、効果が得られない場合があることが明らかとなった。よって、政策を検討する際には、地域の特質を把握し、対象とする地域にあった政策を選定する必要があると考える。

$$C_{prm} = \frac{P_{prm} \cdot N_p \cdot U_f}{D_{prm} \cdot U_{CO2}} \quad (3-1)$$

$$D_{prm} = \sum_h N_h \cdot RP_h \cdot h \quad (3-2)$$

$$N_p = \sum_h N_h \quad (3-3)$$

ただし,

P_{prm} : 奨励金

U_{co2} : CO₂原単位 (2.3kg/l)

D_{prm} : 政策参加者総通勤距離

U_f : 自家用車平均燃費 (11km/l)

N_p : 政策参加者数

N_h : 通勤距離別従業者数

RP_h : 通勤距離別政策参加率

h : 通勤距離

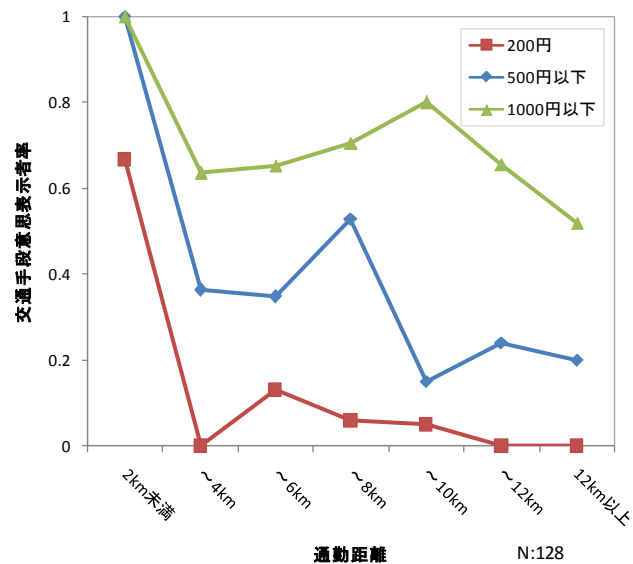


図 3-6 奨励金導入による交通手段転換意思表示者率

表 3-8 奨励金政策想定時の単位削減費用

奨励金 (片道)	自動車抑制意 思表示者数 (人/128人中)	単位削減費用 C_{prm} (千円/t-CO ₂)
200円	7	213
500円	41	251
1000円	88	292

3.5. 政策対象者の環境と自動車利用意識を考慮した健康支援政策導入効果

3.5.1. 政策対象者の環境と自動車利用に対する意識の把握

前節で述べたように、自動車利用を抑制する政策を導入する際、対象とする地域や人々の特徴を事前に把握する必要がある。特に MM は、個人の心理的側面に働きかけるものであり、対象者の環境や自動車利用に対する意識が導入効果に影響する可能性があると考えられる。そこで本節は、対象者の環境や自動車利用に対する意識を考慮しながら、健康支援を通じた低炭素交通政策の導入効果をアンケート結果から推計する。

自動車利用抑制のために必要と思われる環境や自動車利用に対する意識として、

- a.環境問題への関心の有無(以下、環境関心と略す)
- b.地球温暖化防止のために自動利用を控えようという意欲(以下、自動車利用抑制意欲と略す)
- c.自動車利用抑制に対する非困難感(以下、自動車利用抑制困難感と略す)

の3点に着目する。質問内容は、表 3-9 に示すとおりとし、各設問は、「とてもある」から「まったく無い」までを5段階とし、回答者の意識の最も近い位置にチェックをする形式としている。各設問に対する回答比を図 3-7 に示す。政策対象者の意識は、環境への関心は高く、a.の環境関心に対して関心がある（とてもあるを含む）と答えた回答者は、80%以上となっている。一方、b.の自動車利用抑制意欲に対して、意欲が「とてもある」と回答した者は、10%以下であり、「ある」を加えても40%に満たない。また、c.自動車利用抑制困難感、自動車利用抑制に困難意識がない（ない、もしくは、まったくない）と回答した者は約20%であり、政策対象者の環境と自動車利用抑制に関する意識を持つ人の比率は、大きく異なっている。表 3-10 は、回答比率の差に関するz値と各意識間の相関係数である。相関係数、および、z値算定時の母比率は、各質問に対する意識の有無により、「とてもあり」および「あり」を意識あり(1)、「どちらでもない」、「なし」、「まったくなし」を意識なし(0)と置換して算定している。各値を5%で棄却し相関係数については相関あり、母比率の差については、有意差ありと検定されたものを表中に網掛けしている。表 3-10 の母比率の差からも、各設問に対し意識があると回答した者の比率は、有意に異なっていることが確認できる。

また相関関係についてみると、「自動車利用抑制意欲」は「環境関心」および「自動車利用抑制困難感」と相関係数は低いものの統計的に有意に相関があることが確認できる。一方、「環境関心」と「自動車利用抑制困難感」の相関関係は有意でない。この結果は、このような地域でのMMには、単に「環境関心」の向上を図るだけでは、「自動車利用抑制意欲」を少し向上させることができたとしても、「自動車利用抑制困難感」が低いことが妨げとなり、直接的に自動車利用抑制にはつながらないことを示唆している。そこで、以降の分析は、「環境関心」、「自動車利用抑制意欲」、「自動車利用抑制困難感」の3つの意識を加味し、健康支援政策に対する自動車抑制効果を推計する。

表 3-9 環境と自動車利用に対する質問

項目	内容
a.環境意識	あなたは、環境問題に関心がありますか？
b.自動車利用抑制意欲	地区温暖化防止のために、自動車の利用を抑えようと思いますか？
c.自動車利用抑制困難感	自動車利用を抑えることは、難しいことだと思いますか？

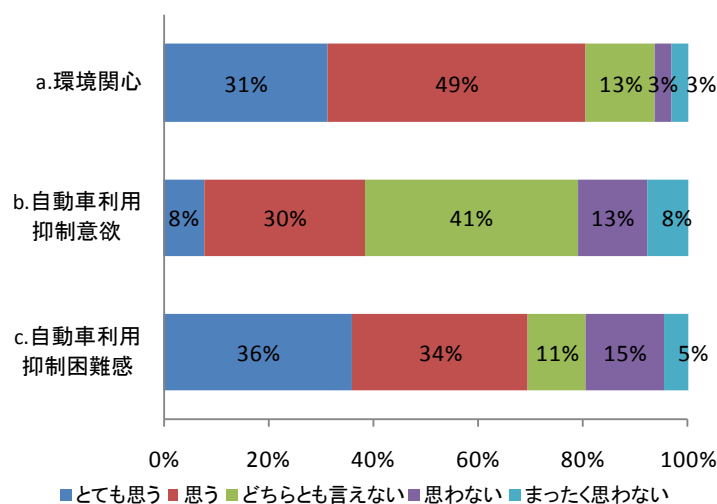


図 3-7 環境と自動車利用に対する被験者意見 N:128

表 3-10 環境と自動車利用に対する意識の母比率検定と相関係数

相関係数 z値	環境関心	自動車 利用抑制意欲	自動車利用 抑制困難感
環境関心		0.35	0.10
自動車 利用抑制意欲	6.83		0.18
自動車利用 抑制困難感	9.71	3.30	

網掛けは、5%棄却

3.5.2. 健康支援政策の導入効果

3.5.1 節で導いた政策対象者の環境と自動車利用に対する意識を念頭に置き、次に健康に着目した低炭素交通政策の本地における適用可能性を検討する。また、健康支援は、様々な手法があるため、低炭素交通政策の視点からどのような支援が有効か明らかにする。そこで、健康支援情報提供サービスを通勤政策として導入することを想定し、これらのサービスが提供された場合の自動車抑制意欲を調査した。質問内容の詳細を、表 3-11 に示す。健康支援情報サービスは、全て既存の健康支援サービスである。表 3-12 は、政策対象者の環境、および、自動車利用に対する意識別に、表 3-13 は、個人属性別に見た健康支援サー

ビスを利用しての自動車抑制意欲である。各サービスについて意識や個人属性の違いにより有意な差が得られたものを表中に網掛けする。表 3-12 の環境と自動車利用意識別に見た健康サービス利用による自動車抑制意欲は、自動車抑制意欲の有無と自動車利用抑制困難感の有無別に見た際、多くの箇所が網掛けされている。a.消費エネルギー提供、b.健康アドバイス、c.定期検診連携、および、d.体力診断のサービスは、自動車利用抑制意欲の有無で分類した場合に大部分が網掛けされており、これらの政策は、自動車利用を抑える意欲が高いほど、サービス利用による高い自動車抑制効果が期待できることがわかる。一方、d.体力診断、e.摂取エネルギー提供、f.食事分析、および、g.食事アドバイスは、自動車利用抑制困難感と、性別の違いにより大部分が網掛けされている。また、通勤距離に対しても、a.消費エネルギー提供、e.摂取エネルギー提供において、相関が確認できる。年齢別に見た健康支援政策による自動車抑制意欲は、全政策とも有意な差が見られず、環境への関心の有無で有意な差が見られたものも c.定期健診連携のみであり、健康支援サービスの提供による自動車抑制意欲は、対象者の個人属性や、環境・自動車利用に対する意識により異なることが明らかとなった。

表 3-11 健康支援サービスに関する質問

NO	項目	内容	数値
a	消費エネルギー提供	あなたの1日の消費カロリーや運動した時間を自動計測してくれるサービス	これらのサービスにより、あなたの健康問題が指摘された場合 自動車利用を抑えようと1.とても思う/思う 0.それ以外
b	健康アドバイス提供	自動計測されたあなたの1日の運動量から健康へのアドバイスが毎日メールで届くサービス	
c	定期検診連携	定期検診の結果を基に、健康プランを立案してくれるサービス	
d	体力診断連携	携帯電話を使って体力チェックが出来るコンテンツ	
e	摂取エネルギー連携	食べた物を入力すると、摂取カロリーを計算してくれるサービス	
f	食事分析	食事の写真を送ると栄養士が栄養を分析してくれるサービス	
g	食事アドバイス	家族全員の健康状態やその日の運動量を自動的に収集し、夕食のメニューをアドバイスしてくれるサービス	

表 3-12 環境と自動車利用に対する意識別に見た健康サービス利用
による自動車利用抑制意欲

NO	項目	環境関心 関心ある/関心ない			自動車利用抑制意欲 ある/ない			自動車利用抑制困難感 困難感ある/困難感ない		
		母比率		相関係数	母比率		相関係数	母比率		相関係数
		関心 ある	関心 ない		ある	ない		困難感 ない	困難感 ある	
a	消費エネルギー提供	0.33	0.27	0.05	0.47	0.23	0.25	0.37	0.29	0.08
b	健康アドバイス提供	0.29	0.27	0.02	0.43	0.20	0.24	0.33	0.27	0.06
c	定期検診連携	0.37	0.19	0.15	0.43	0.28	0.16	0.35	0.33	0.02
d	体力診断連携	0.29	0.19	0.09	0.39	0.20	0.20	0.30	0.18	0.19
e	摂取エネルギー連携	0.37	0.26	0.09	0.41	0.33	0.08	0.47	0.30	0.16
f	食事分析	0.24	0.11	0.09	0.29	0.20	0.09	0.35	0.18	0.19
g	食事アドバイス	0.24	0.11	0.12	0.29	0.18	0.12	0.26	0.13	0.22

*網掛は、5%有意

表 3-13 個人属性別に見た健康サービス利用による自動車利用抑制意欲
による自動車利用抑制意欲

NO	項目	性別			年齢				通勤距離	
		母比率		相関係数	母比率				相関係数	相関係数
		男	女		29歳未満	30歳代	40歳代	50歳代以上		
a	消費エネルギー提供	0.28	0.36	-0.08	0.33	0.43	0.28	0.27	-0.07	-0.18
b	健康アドバイス提供	0.26	0.33	-0.07	0.19	0.43	0.21	0.32	0.09	-0.11
c	定期検診連携	0.28	0.35	-0.12	0.29	0.43	0.31	0.32	-0.01	-0.13
d	体力診断連携	0.16	0.17	-0.13	0.38	0.25	0.21	0.29	0.00	-0.12
e	摂取エネルギー連携	0.27	0.48	-0.21	0.38	0.43	0.28	0.37	-0.02	-0.16
f	食事分析	0.19	0.31	-0.15	0.33	0.18	0.26	0.20	-0.03	-0.12
g	食事アドバイス	0.14	0.33	-0.22	0.24	0.25	0.18	0.22	-0.02	-0.10

*網掛けは5%有意

3.5.3. 健康支援政策と自動車利用意識に関する共分散構造モデル推定

本節は、ここまで行ってきた被験者の環境と自動車利用に対する意識と健康支援による自動車抑制意欲との相互効果を、共分散構造モデルを用いて検証する。これまでの分析により、健康支援政策と環境や自動車利用に対する意識の関係に、以下の仮説が立てられる。

- ・地球温暖化防止のために自動車を控える意識が高いほど、a.消費エネルギー提供、b.健康アドバイス提供、c.定期検診連携、d.体力診断連携によって自動車利用を控えようとする。
- ・自動車利用抑制に対する困難感が低いほど、d.体力診断連携、e. 摂取エネルギー提供、f.食事分析、g.食事アドバイスに関する情報を提供によって自動車利用を控えようとする。
- ・男性に比べて女性の方が、e. 摂取エネルギー提供、f.食事分析、g.食事アドバイスに関する情報により自動車利用を控えようとする。
- ・通勤距離が長いほど、a.消費エネルギー提供、e. 摂取エネルギー提供による、自動車抑制意欲は下がる。
- ・環境問題の関心、および、年齢は、健康支援に関する情報提供による自動車利用抑制効果に大きく影響しない。

構築した共分散構造モデル、および、推定結果を図 3-8 に示す。モデルに用いる変数は、これまでの分析結果と表 3-14 に示す各サービスによる自動車抑制意欲の相関係数から、e. 摂取エネルギー連携、f.食事分析、g.食事アドバイスは、環境や自動車利用に対する意識や、個人属性の違いによる自動車抑制意欲の参加率の傾向が似ており、相関係数も高いこと、さらに、これらの質問は全て「食事」に関するサービスという点で共通であるため、潜在変数をひとつにまとめ表 3-15 のように定義している。なお、環境関心、および、年齢は、これまでの分析から健康支援サービスの提供による自動車抑制意欲に大きな影響がないと想定されるため、共分散構造モデルの要素から除外する。図中のパス係数は標準化した値であり、1%有意な値には**を、5%有意な値には*を右肩につけている。自動車利用抑制意欲と、消費エネルギー提供による自動車抑制意欲、健康アドバイス提供による自動車抑制意欲、定期検診連携による自動車抑制意欲、体力診断連携による自動車抑制意欲間は、全て 1%有意でありパス係数も高い。自動車利用抑制困難感と体力診断連携による自動車抑制意欲、摂取診断による自動車抑制意欲も正のパス係数となっている。また、性別と摂取診断連携による自動車抑制意欲間、および、通勤距離と消費エネルギー提供による自動車抑制意欲、摂取診断連携による自動車抑制意欲は、マイナスのパス係数であり、前章で導いた仮説と一致している。さらに、本モデルの適合度は、GIF:0.92, AGIF:0.84 であることから、共分散構造モデルは適当であると判断する。

パス係数に着目すると、消費エネルギー提供、健康アドバイス、定期検診連携による自動車抑制意欲の係数は、自動車利用抑制困難感に比べて自動車利用抑制意欲との間で高い数

値を示しており、政策対象者の地球温暖化防止のために自動車利用を控えようとする気持ちだが、健康支援に着目した低炭素交通政策に大きく影響することが読み取れる。一方、摂取診断連携による自動車抑制意欲のパス係数は、自動車抑制意欲よりむしろ、性別からの絶対値が大きく、このような政策は、特に女性に対して有効であることが読み取れる。このように、健康支援に着目した低炭素交通政策の導入効果は、個人属性や対象者の自動車利用意識の影響を大きく受ける。政策を導入する際は、政策対象者の個人属性や自動車利用に対する意識を十分に把握し、対象者に応じた政策の選定が必要といえる。

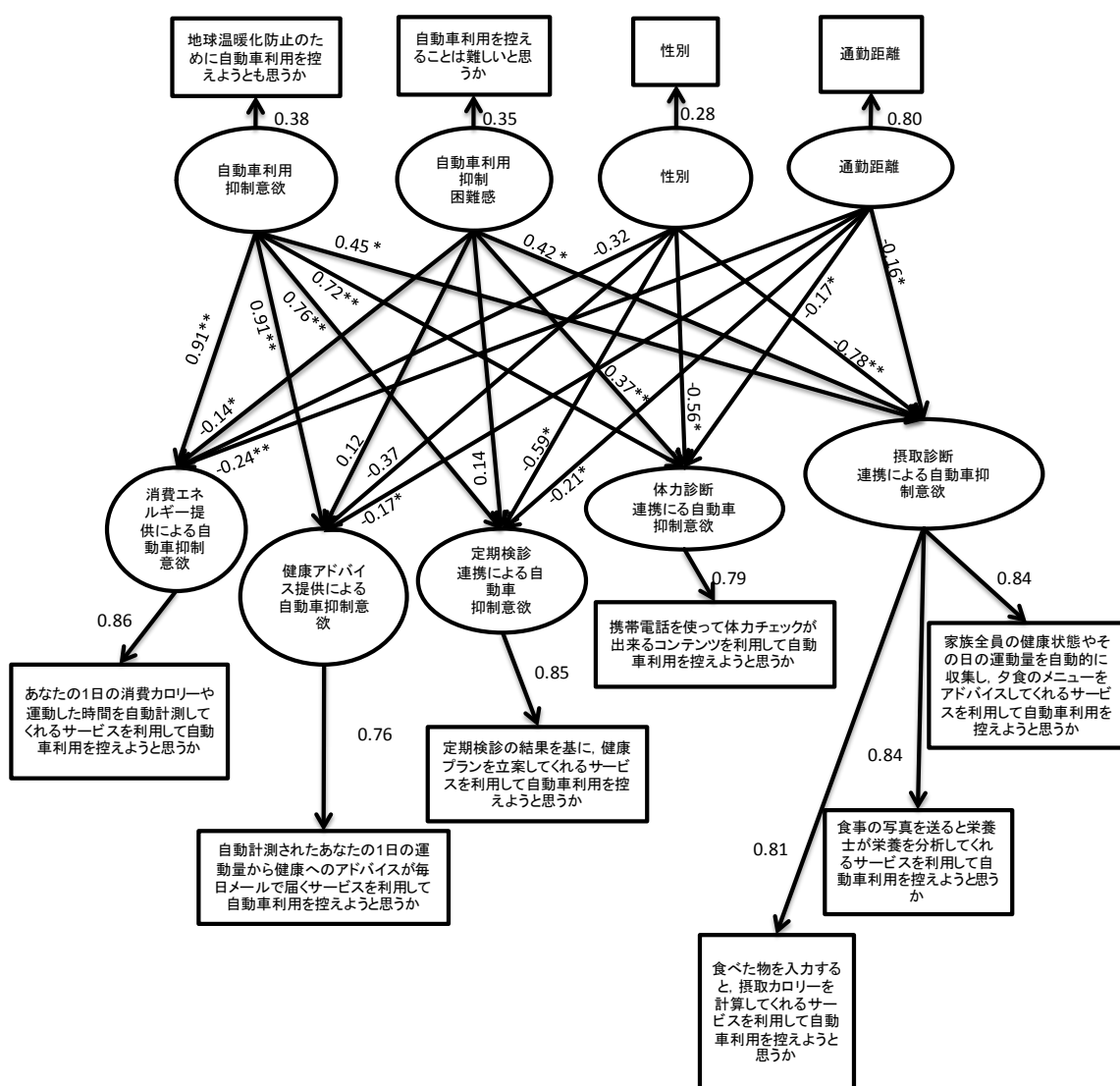


図 3-8 自動車利用に対する意識と健康支援政策に対する共分散構造モデル

表 3-14 健康支援サービスによる自動車抑制意欲間相関係数

NO	相関係数					
	a	b	c	d	e	f
a						
b	0.57					
c	0.54	0.51				
d	0.59	0.54	0.53			
e	0.49	0.34	0.39	0.57		
f	0.41	0.41	0.39	0.51	0.73	
g	0.37	0.37	0.47	0.51	0.73	0.77

表 3-15 健康支援サービスの分類

潜在変数	項目	数値
消費エネルギー提供による自動車抑制意欲	a.消費エネルギー提供	これらのサービスにより、あなたの健康問題が指摘された場合 自動車利用を控えようと 1.とても思う/思う 0.それ以外
健康アドバイス提供による自動車抑制意欲	b.健康アドバイス提供	
定期検診連携による自動車抑制意欲	c.定期検診連携	
体力診断連携による自動車抑制意欲	d.体力診断連携	
摂取診断連携による自動車抑制意欲	e.摂取エネルギー連携	
	f.食事分析	
	g.食事アドバイス	
自動車利用抑制意欲	自動車利用抑制意欲	自動車利用を控える意欲が 1.とてもある/ある 0.それ以外
自動車利用抑制困難感	自動車利用抑制非困難感	自動車利用を控えることへの困難感が 1.まったくない/ない 0.それ以外
性別	性別	1.男性 0.女性
通勤距離	通勤距離	通勤距離(片道) km

3.5.4. 経済効果

本研究の調査対象である徳島県は、3.4 節で触れたように奨励金等によるインセンティブ政策を導入した場合、二酸化炭素削減量 1t 当たり 213 千円の費用が必要となり、経済的観点からインセンティブによる低炭素交通政策の導入が困難な地域であった。そこで本節は、経済効果に着目して提案政策の対象地域における導入の可能性を評価する。政策により具体性を持たせるため、提案政策を徳島県全域に企業が主体となって「企業における低炭素通勤政策」として導入すると想定する。交通手段の転換方法は、調査対象地における現在の通勤手段は、自動車が 92%、自転車が 5%、それ以外の交通手段は全て 1%未満であることから、ここでは、自動車通勤者はすべて自転車に転換すると仮定して推計する。健康に関する情報提供サービスは、3.5.2 節と同じ 7 つの情報提供サービス(表 3-11)を想定する。健康支援政策による自動車抑制意欲は、性別により異なるため、個人属性を考慮して推計する。ただしこれまでの分析より、導入政策の効果に年齢は大きく関与しないことが明らかとなっているため年齢は考慮せず、アンケート調査データと徳島県労働者人口の男女比のみを考慮した拡大集計により徳島県における導入効果を推計する。また、健康支援に着目した低炭素交通政策は、3.5.2 節の分析から、対象者の自動車利用意識、および、自動車利用抑制困難感と相関が強いことが明らかとなっている。そこで本節は、被験者を 4 つのグループに分け、意識の違いを踏まえた健康支援政策の導入効果を推計する。グループ分類の詳細、および、各グループの人数を、表 3-16 に示す。

本政策は、企業主体による低炭素通勤政策として導入を想定しているため、経済効果の算定範囲は、政策を導入するに当たり企業が負担すべき費用、および、導入企業、政策参加者、導入企業が所在する地域の交通/健康面の便益とする。政策導入費、政策導入便益、および、二酸化炭素削減量の算定方法を、(1)～(5)で説明する。なお、健康に関する便益効果が期待できるまでの期間は、対象者の現在の健康状況によっても異なるが、ここでの推計は生活習慣病の予防政策として提案政策を使用することを前提とする。生活習慣病の改善効果は、軽度な疾病状態であれば 3～6 カ月程度で改善効果は十分に期待できることが報告されているため¹⁶⁾年間効果として推計する。年間経済効果を同一地域で調査した奨励金政策の経済効果と比較して示す。

表 3-16 自動車利用意識による分類と対象者人数

グループ	自動車利用抑制意欲	自動車利用抑制困難感	人数
A	意欲なし(0)	困難感あり(0)	69
B	意欲なし(0)	困難感なし(1)	11
C	意欲あり(1)	困難感あり(0)	35
D	意欲あり(1)	困難感なし(1)	14

(1) 政策導入費

a) 奨励金

自動車からの転換手段を自転車と仮定した場合、奨励金政策導入時に想定される費用は、自転車に転換した人に支払う奨励金のみである。奨励金の額は、対象地域におけるアンケート調査から、最も効果的に二酸化炭素排出量の削減ができると算定された片道 200 円とする。このとき想定される年間導入費用 C_b は、片道当たりの奨励金 P_{prm} 、政策参加者数 N_p 、稼働日数 N_{Day} を用いて式(3-4)で求められる。なお、拡大係数 M_s は、表 3-7 の調査サンプル数と徳島県労働者人口の比率から求めたものである。

$$C_b = 2P_{prm} \cdot N_p \cdot N_{Day} \quad (3-4)$$

ここで、

$$N_p = \sum_h \sum_s N_{hs} \cdot O_{hs} \cdot M_s \quad (3-5)$$

ただし、

P_{prm} : 奨励金 (片道 200 円)

N_p : 政策参加者数

N_{Day} : 稼働日数 (264 日)

M_s : 男女別拡大係数

N_{hs} : 通勤距離男女別従業者数

O_{hs} : 通勤距離男女別政策参加率

h : 通勤距離

s : 性別

b) 健康支援政策

健康支援政策の導入にかかる費用は、健康情報を提供する際に生じるサービス提供費用である。サービス提供にはさまざまな手法があるが、導入費用はできるだけ軽減させることが望ましいため、可能な限り簡便かつ低価格で提供できるものを選定している (表 3-17 参照)。このとき、健康支援政策の導入費 C_{ing} は、サービス提供費用 P_{ing} と、政策参加者数 N_p を用いて式(3-6)で求められる。

$$C_{ing} = N_p \cdot P_{ing} \quad (3-6)$$

ただし、

N_p : 政策参加者数

P_{ing} : サービス提供費用

表 3-17 政策導入費(年間)

NO	項目	導入政策	導入費
a	消費エネルギー提供	あなたの一日の消費カロリーや運動した時間を計測してくれるサービスの提供	活動量計:3000円/台
b	健康アドバイス提供	自動計測されたあなたの1日の運動量から健康へのアドバイスが毎日メールで届くサービスの提供	健康支援に関する携帯コンテンツ利用料:200円/月
c	定期検診連携	定期検診の結果を基に、健康プランを立案してくれるサービスの提供	保健指導料:6,000円/月
d	体力診断連携	携帯電話を使って体力チェックが出来るコンテンツの提供	体力診断に関する携帯コンテンツ利用料:200円/月
e	摂取エネルギー連携	食べた物を入力すると、摂取カロリーを計算してくれるサービスの提供	算定システム導入費:500円/人
f	食事分析	食事の写真を送ると栄養士が栄養を分析してくれるサービスの提供	分析料(栄養士):2000円/月
g	食事アドバイス	家族全員の健康状態やその日の運動量を自動的に収集し、夕食のメニューをアドバイスしてくれるサービスの提供	食事指導料(栄養士):2000円/月

(2) 政策導入企業の便益

導入企業の主な便益は、従業員が自動車通勤から徒歩、もしくは、自転車通勤に転換することによる通勤費の削減効果 E_c と、従業員が健康になることによる特定保健指導料の削減効果 E_i である。これらの便益 F_c は、式(3-7)で求められる。特定保健指導は、現在40歳以上が対象であるため、厚生労働省調査による40歳以上のメタボリック該当および予備軍の比率¹⁷⁾をそれぞれ、積極的支援対象者率 R_{acm} 、 R_{acw} 、および、動機づけ支援対象者率 R_{mtm} 、 R_{mtw} としている。これに、徳島県の40歳以上労働者人口をかけ合わせたものを対象地域における積極的支援、および、動機づけ支援対象者として特定保健指導料の削減効果 E_i の算定に用いる。また、通勤手段転換による指導対象者減少率は、通勤距離に依存することが想定されるが、本件の報告事例が十分でなく通勤距離に対する生活習慣病現象効果の詳細推計は困難であるため、ここでは平均値として通勤手段転換による指導対象者減少率 R_{cb} を50%¹⁸⁾としている。これに、積極的支援、および、動機付け支援に必要な年間保健指導料 P_{ac} 、 P_{mt} ¹⁹⁾をかけて特定保健指導料の削減効果 E_i を算定する。

$$F_c = E_c + E_i \quad (3-7)$$

ここで、

$$E_c = D_c \cdot N_{day} \cdot CR \quad (3-8)$$

$$D_c = \sum_{h,s} N_{hs} \cdot O_{hs} \cdot M_s \cdot h \quad (3-9)$$

$$E_i = E_{iac} + E_{imt} \quad (3-10)$$

$$E_{iac} = P_{ac} \cdot (N_{man40} \cdot R_{acm} + N_{wman40} \cdot R_{acw}) \cdot R_{cb} \quad (3-11)$$

$$E_{imt} = P_{mt} \cdot (N_{man40} \cdot R_{mtm} + N_{wman40} \cdot R_{mtw}) \cdot R_{cb} \quad (3-12)$$

$$N_{man40} = \sum_{h,s} N_{hs40} \cdot O_{hs} \cdot M_s \quad (s \text{ は男性}) \quad (3-13)$$

$$N_{wman40} = \sum_{h,s} N_{hs40} \cdot O_{hs} \cdot M_s \quad (s \text{ は女性}) \quad (3-14)$$

ただし、

- E_c : 自動車通勤費増減
- E_i : 特定保健指導費用増減
- D_c : 政策参加者総通勤距離
- M_s : 男女別拡大係数
- N_{hs} : 通勤距離男女別別従業者数
- O_{hs} : 通勤距離男女別政策参加率
- N_{Day} : 稼働日数 (264日)
- CR : 通勤手当 (15円/km)
- E_{iac} : 特定保健指導料増減 (積極的支援対象者)
- E_{imt} : 特定保健指導料増減 (動機付支援対象者)
- P_{ac} : 積極的支援者特定保健指導料 (22,500円/年)
- R_{acm} : 男性積極的支援対象者率 (26%)
- R_{acw} : 女性積極的支援対象者率 (10%)
- R_{cb} : 通勤手段転換による指導対象者減少率 (50%)
- P_{mt} : 動機づけ支援者保健指導料 (5,500円/年)
- R_{mtm} : 男性動機づけ支援対象者率 (25%)
- R_{mtw} : 女性動機づけ支援対象者率 (10%)
- N_{man40} : 40歳以上男性政策参加者数
- N_{wman40} : 40歳以上女性政策参加者数
- h : 通勤距離
- s : 性別

(3) 政策参加者の便益

政策参加者の経済効果 F_p は、自家用車走行距離が減少することによる走行費削減 E_{run} 、自動車事故の削減 E_a 、参加者が健康になることによる医療費削減 E_{med} 、および、通勤時間の増加に伴う時間損失 E_t である。走行費削減 E_{run} は、走行経費 $M_c^{20)}$ 、政策参加者の総通勤距離 D_c (式(3-9))、および、自動車通勤費の増減 E_c (式(3-8))を用いて式(3-16)で求められる。交通事故減少効果 E_a は、交通事故による年間損失予想額 $L_{ta}^{22)}$ と、政策参加者数 N_p (式(3-5))から、式(3-17)で定義する。ただし、交通事故による年間損失予想額 L_{ta} は、1人当たりの予想額であるため、走行距離の長短は加味しない。また、医療費効果 E_{med} は、生活習慣病の治療に要する患者1人当たりの年間平均医療費 $P_{med}^{23)}$ と、自動車通勤から自転車/徒歩通勤に転換した際に想定される生活習慣病発症率の減少効果 S_{lrd} から算定している。ここで、生活習慣病の減少効果 S_{lrd} は、通勤時の交通手段と生活習慣病発症率について調査した、疫学研究^{24)~26)}を参照しているが、こちらも通勤手段転換による指導対象者減少率 R_{cb} と同様に通勤距離の詳細に対する減少効果の報告が十分存在しないため、通勤距離は加味していない。また減少効果は、現在の健康状態によって異なるため、積極的支援および動機付け支援対象者の通勤手段転換による生活習慣病の減少効果は、(2)節の政策導入企業の便益で用いた減少率 R_{cb} を用い、それ以外の政策実施者に対する生活習慣病の減少効果は、既往研究を参考に S_{lrd} で定義する。時間損失 E_t は、自動車と自転車の平均速度差を用いて式(3-21)で定義する。ここで、自動車および自転車の平均速度は、徳島県内で平成20年度に調査した通勤時の平均走行速度¹³⁾を用いている。また、渋滞時間から経済効果への変換には、時間単価 $P_t^{20)}$ を用いる。

$$F_p = E_{run} + E_a + E_{med} - E_t \quad (3-15)$$

ここで、

$$E_{run} = D_c \cdot N_{day} \cdot M_c - E_c \quad (3-16)$$

$$E_a = L_{ta} \cdot N_p \quad (3-17)$$

$$E_{med} = P_{med} \cdot (N_{ps} \cdot R_{cb} + N_{pn} \cdot S_{lrd}) \quad (3-18)$$

$$N_{ps} = N_{man40} \cdot (R_{acm} + R_{mtm}) + N_{wman40} \cdot (R_{acw} + R_{mtw}) \quad (3-19)$$

$$N_{pn} = N_p - N_{ps} \quad (3-20)$$

$$E_t = \frac{D_c}{(V_{cae} - V_{by})} \cdot N_{Day} \cdot P_t \quad (3-21)$$

ただし,

E_{run} : 走行費削減効果

E_a : 交通事故減少効果

E_{med} : 医療費効果

E_t : 時間損失

D_c : 政策参加者総通勤距離

N_{Day} : 稼働日数 (264日)

M_c : 走行経費 (15.58円/km)

E_c : 自動車通勤費増減

L_{ta} : 交通事故による年間損失予想額 (1,110円/人)

N_p : 政策参加者数

P_{med} : 生活習慣病の治療に要する患者一人当りの年間平均医療費 (個人負担額)
(90千円/人)

N_{ps} : 政策参加者数

(積極的支援もしくは動機付け支援対象者)

R_{acm} : 男性積極的支援対象者率 (26%)

R_{acw} : 女性積極的支援対象者率 (10%)

R_{cb} : 通勤手段転換による指導対象者減少率 (50%)

P_{mt} : 動機づけ支援者保健指導料 (5,500円/年)

R_{mtm} : 男性動機づけ支援対象者率 (25%)

R_{mtw} : 女性動機づけ支援対象者率 (10%)

N_{man40} : 40歳以上男性政策参加者数

N_{wman40} : 40歳以上女性政策参加者数

N_{pn} : 政策参加者数 (支援対象者以外)

S_{lrd} : 支援対象者以外の自動車通勤から自転車/徒歩通勤に転換した際に想定される
生活習慣病発症率の減少効果 (13%)

V_{car} : 自動車平均走行速度 (22km/h)

V_{by} : 自転車平均走行速度 (10km/h)

P_t : 時間単価 (2,400 円/h)

(4) 社会への間接的便益

提案政策を対象地域に面的導入した場合、交通渋滞の削減等の社会的間接効果も期待できる。そこで社会的間接効果として、二酸化炭素排出量削減効果 E_{co2} と交通渋滞減少による交通混雑緩和効果 E_{jam} を計上する。二酸化炭素の削減効果 E_{co2} は、炭素税 P_{tax} ²⁰⁾ 相当として、利益換算している。自家用車平均燃費 U_f は、徳島県内で調査した自家用車の平均燃費¹³⁾で

ある。また、交通混雑緩和効果 E_{jam} は、今回のアンケート調査と同一地区で平成 20 年度に調査した通勤帰宅時の年間渋滞損失時間 $H_{loss}^{13)}$ と国土交通省が定める費用便益算定時の時間単価 $P_t^{21)}$ を用いて経済価値に換算している。これらを用いて社会便益 F_{ind} は、式(3-22)で算定できる。

$$F_{ind} = E_{co2} + E_{jam} \quad (3-22)$$

ここで、

$$E_{co2} = \frac{D_c \cdot U_{co2} \cdot N_{Day}}{U_f} P_{tax} \quad (3-23)$$

$$E_{jam} = H_{loss} \cdot P_t \cdot N_p \quad (3-24)$$

ただし、

E_{co2} : CO₂削減効果

E_{jam} : 交通混雑緩和効果

D_c : 政策参加者総通勤距離

U_{co2} : CO₂原単位 (2.3kg/l)

P_{tax} : 炭素税 (655円/t)

U_f : 自家用車平均燃費 (11km/l)

N_{Day} : 稼働日数 (264日)

H_{loss} : 年間渋滞損失時間 (2.20時間/人)

P_t : 時間単価 (2,400円/h)

N_p : 政策参加者数

(5) 二酸化炭素削減量

二酸化炭素削減量 E_{co2} は、各政策の参加率が、通勤距離、および、性別によって異なることを考慮し式(3-25)で求める。

$$E_{co2} = \frac{D_c \cdot U_{co2} \cdot N_{Day}}{U_f} \quad (3-25)$$

ここで、

$$D_c = \sum_{h,s} N_{hs} \cdot O_{hs} \cdot M_s \cdot h \quad (3-26)$$

ただし、

E_{co2} : CO₂削減量

D_c : 政策参加者総通勤距離

U_{co2} : CO₂原単位 (2.3kg/l)

U_f : 自家用車平均燃費 (11km/l)

N_{Day} : 稼働日数 (264日)

M_s : 男女別拡大係数

N_{hs} : 通勤距離男女別別従業者数

O_{hs} : 通勤距離男女別政策参加率

h : 通勤距離

s : 性別

以上の算定式に従い、健康支援に関する政策ごとに求めた政策導入費、政策導入企業の便益、政策参加者の便益、社会への間接便益の算定結果を表 3-18 に示す。奨励金政策と、a～g の健康支援政策を比較すると、奨励金政策に比べて健康支援政策における参加意欲は高く二酸化炭素削減量は、奨励金政策が、5,865t(3%)であるのに対し、健康支援政策は、34,743t(17%)～58,739t(29%)と奨励金の 6～10 倍となっている。また、社会全体で見た経済便益（差引(d-b)）は、すべてプラスとなっており、徳島県において今回想定した低炭素交通政策は、社会全体から見た経済便益としては十分メリットが得られる政策であるといえる。しかしながらこの分析で特に注目すべき点は、導入企業単独で見た経済効果(導入企業単体差引(c-b))である。企業が主体となり低炭素交通政策を実施する場合、導入費用は企業が負担することとなるが、奨励金政策の導入企業単体の差し引きは、779,348 千円と大きくマイナスになっており、経済的な観点から、導入企業にメリットが得られていない。単位削減費用で見ても 213 千円/t-CO₂ と、二酸化炭素を 1t 削減するに当たっての費用が多大にかかる。導入企業にとって大きな経済的負担がかかるにもかかわらず、二酸化炭素削減効果は、3%とわずかであることから、これまで対象地域では、奨励金政策の導入が積極的に進められていなかった。一方、今回提案する健康支援に着目した低炭素交通政策は、導入企業単体差引が、c.定期健診連携以外の政策において、すべてプラスに転じており企業における政策導入の経済的メリットが見出されている。さらに単位削減費用も、奨励金政策に比べて大きく減少している。しかしながら、導入企業単体差引がすべてプラスとなっているわけではなく、c.定期健診連携の導入企業単体差引は、マイナスであり、単位削減費用も奨励金政策に比べて 3 割程度しか減少していない。c.定期健診連携の政策は、生活習慣病の予防支援手法として、最もポピュラーな対人形式の健康指導を想定したものである。今回の分析より、対人型の支援は導入費が多額であることから、低炭素交通政策として導入企業のメリットが得られないことが分かった。これに対し計測器の配布や携帯コンテンツの利用等、簡単な装置や IT 端末を用いた安価なサービスであれば、導入企業にとって経済的メリットが期待できることが明らかとなった。

表 3-18 健康支援政策の費用便益比較

NO	導入政策	CO2 削減量 (a)	自動車 削減台数 (台)	費用(b) (千円)	経済便益(千円)				差引(d-b) (千円)	導入企業単体 差引(c-b) (千円)	単位削減費用 (b/a) (千円/t-CO2)
				導入費	導入企業 (c)	参加者	社会	小計(d)			
t	奨励金	5,865t (3%)	11,806	1,246,723	467,375	2,350,323	61,077	2,878,775	1,632,052	▲ 779,348	213
a	消費エネルギー提供	49,632t (24%)	53,825	328,948	3,739,690	11,518,140	298,298	15,556,128	15,227,180	3,410,742	7
b	健康アドバイス提供	49,636t (24%)	49,407	237,153	3,722,924	10,748,955	272,036	14,743,915	14,506,762	3,485,771	5
c	定期健診連携	58,739t (29%)	57,210	8,238,232	4,397,417	12,515,429	315,828	17,228,674	8,990,442	▲ 3,840,815	140
d	体力診断連携	45,756t (22%)	46,051	221,044	3,427,751	9,945,372	253,225	13,626,348	13,405,304	3,206,707	5
e	摂取エネルギー提供	65,418t (32%)	60,464	725,573	4,879,025	13,426,845	335,980	18,641,850	17,916,277	4,153,452	11
f	食事分析	38,003t (19%)	1,887,614	1,877,614	2,848,106	8,374,060	214,531	11,436,697	9,559,083	970,492	49
g	食事アドバイス	34,743t (17%)	1,716,529	1,716,529	2,597,380	7,616,574	196,126	10,410,080	8,693,551	880,851	49

次にグループ別に見た、各健康支援による二酸化炭素削減率、単位削減費用、および、導入企業単体差引を比較する(表 3-19, 表 3-20). 表 3-19 の網掛けは、各政策に対して二酸化炭素削減率が最も高価なもの、○印は、単位削減費用がもっとも安価なものである。同じ政策であっても、対象者の自動車利用に対する意識の違いにより、二酸化炭素削減率と単位削減効果は異なり、変動係数は、0.2~0.8 と大きなばらつきがあることがわかる。二酸化炭素削減率が最も良いと網掛けされた箇所に着目すると、いずれの政策もグループ C と D が網掛けされている。また単位削減費用は、すべての政策においてグループ C が最も安価である。これより、健康に着目した低炭素交通政策は、グループ C ないしグループ D、つまり、自動車抑制意欲がある被験者に効果が高く、最も効果が低いグループに対して二酸化炭素削減率で 2~3 倍、単位削減効費用は約 1/2 となる。

表 3-19 自動車利用意識別に見た CO2 削減率と単位削減費用

NO	導入政策	単位削減費用(千円) (CO ₂ 削減率%)				変動係数
		グループA	グループB	グループC	グループD	
a	消費エネルギー提供	8.5 (15%)	10.9 (14%)	5.6 (41%)	8.5 (40%)	0.3 (0.5)
b	健康アドバイス提供	5.8 (18%)	0 (0%)	4.4 (37%)	7.1 (32%)	0.7 (0.8)
c	定期健診連携	163.0 (24%)	237.1 (14%)	134.0 (40%)	228.8 (21%)	0.3 (0.4)
d	体力診断連携	6.2 (12%)	6.9 (27%)	4.1 (36%)	7.1 (33%)	0.2 (0.4)
e	摂取エネルギー提供	14.5 (23%)	23.1 (19%)	10.5 (24%)	13.7 (42%)	0.3 (0.4)
f	食事分析	49.4 (15%)	87.0 (22%)	46.2 (24%)	83.6 (20%)	0.3 (0.2)
g	食事アドバイス	52.4 (14%)	96.6 (19%)	42.6 (23%)	70.1 (29%)	0.4 (0.3)

* 網掛けは、CO₂削減率最大。○は、単位削減費用最小

導入企業単体差引(表 3-20)は、さらに明確な特徴が現れており、f.食事分析と g.食事アドバイスは、グループによって差引額の正負反転しており、これらの政策は、対象とする被験者により導入企業の経済的メリットが得られない可能性があることが示唆された。このように、対象者の自動車利用に対する意識により、健康支援政策の導入効果が大きく異なり、健康支援政策を導入する際には、対象者の自動車利用に対する意識を把握した上で、政策を決定する必要があることが示された。

表 3-20 自動車利用意識別に見た導入企業単体差引

NO	導入政策	導入企業単体差引(千円/人)			
		グループA	グループB	グループC	グループD
a	消費エネルギー提供	4.8	3.8	16.1	12.7
b	健康アドバイス提供	6.1	—	15.0	10.5
c	定期健診連携	▲ 10.0	▲ 8.9	▲ 13.8	▲ 14.4
d	体力診断連携	4.0	7.5	14.3	10.5
e	摂取エネルギー提供	6.6	4.1	12.8	12.1
f	食事分析	1.8	▲ 0.7	3.9	▲ 0.4
g	食事アドバイス	1.5	▲ 0.8	4.1	9.4

3.6. 結語

本章では、地方都市における低炭素通勤政策として、健康支援に着目した政策の導入可能性をアンケート調査し、徳島県全域に政策を導入した場合の通勤帰宅時における二酸化炭素排出量の削減率と単位削減費用を推計した。その結果、以下の点を明らかとした。

- ・公共交通のサービスが十分提供されておらず、自動車利用抑制について困難感が高い地域では、単に「環境への関心」の向上を図るだけでは、困難感の低下には繋がらない。
- ・健康支援による低炭素交通政策は、個人属性のみでなく対象者の自動車利用に対する意識によっても導入効果は大きく異なる。
- ・個人の健康に着目した低炭素交通政策は、奨励金政策に比べて高い二酸化炭素削減効果が期待できる。また、導入企業にとって、経済的な負担も少ない。
- ・経済的観点から健康支援を低炭素交通政策として適用するためには、対人型支援では費用過多となるため、ITシステム等による安価な支援が必要である。

しかしながら、今回の分析は、アンケート調査による行動変容意思を基にしており、現実には、行動と意図の不一致がある。本調査で自動車通勤からの転換意思を表示した者すべてが想定した政策によって通勤時の自動車抑制行動を起こすとは限らないが、今回の分析は、対象地域で健康に着目した低炭素交通政策が推進できる可能性があることを示せたものと考ええる。

第3章 参考文献

- 1) 土木学会：モビリティ・マネジメント(MM)の手引き，自動車と公共交通の「かしこい」使い方を考えるための交通政策，2005.
- 2) 厚生労働省：都道府県別に見た死亡の状況，2005.
- 3) 真坂美江子，加藤研二，近藤光男，奥嶋政嗣：地方都市における健康支援に着目した低炭素交通政策導入に関する評価分析，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.68，No.4，pp.400-411，2012.
- 4) 徳島県：<http://www.pref.tokushima.jp/>
- 5) 全国過疎地域自立促進連盟：<http://www.kaso-net.or.jp/>
- 6) 国土地理院：<http://www.gsi.go.jp/index.html>
- 7) 総務省統計局：<http://www.stat.go.jp/index.htm>
- 8) 自動車検査登録情報協会：マイカーの世帯当たりの普及台数，2011.
- 9) 徳島県：徳島県統計書，2010.
- 10) とくしま環境県民会議 HP：<http://www.pref.tokushima.jp/kankyo/kankyoudenminkaigi/>
- 11) 栗山浩一：環境経済学の基礎と仕組みがよくわかる本，秀和システム，2008.
- 12) 徳島県：徳島県統計書，2010.
- 13) とくしま環境県民会議：低炭素地域づくり面的対策推進事業報告書，2008.
- 14) 国際協力銀行：<http://www.jbic.go.jp/ja/index.html>
- 15) 愛知県：<http://www.pref.aichi.jp>
- 16) 運動所要量・運動指針の策定検討会：健康作りのための運動指針 2006～生活習慣病予防のために～，2006.
- 17) 厚生労働省：国民健康・栄養調査，2010.
- 18) 高田康光：勤労者の通勤時運動期間と虚血性心疾患危険因子の関係，厚生 の 指標，Vol. 51，pp. 29-33，2004.
- 19) シードプランニング：特定健康診査・特定保健指導事業者実態調査，Vol. 1, 2008.
- 20) 環境省：環境税の具体案，2005.
- 21) 国土交通省：費用便益マニュアル，2008.
- 22) 国土交通省：交通事故減少便益の原単位の算出方法，2008.
- 23) 厚生労働省：厚生統計要覧，2008.
- 24) Tsumura, K., Hayashi, T., Hamada, C., Endo, G., Fujii, S and Okada, K. : Blood pressure response after two-step exercise as a powerful predictor of hypertension: Osaka Health Survey, *J. Hypertens.*, Vol. 20,, No. 8, pp. 1507-1512, 2002.
- 25) Hu, G., Qiao, Q., Silventoinen, K., Eriksson, J. G., Jousilahti, P., Lindström, J., Valle, T. T., Nissinen, A. and Tuomilehto, J. : Occupational, commuting, and leisure-time physical activity in relation to risk for Type 2 diabetes in middle-aged Finnish men and women, *Diabetologia*, Vol. 46, pp. 322-329, 2003.

- 26) Hu, G., Barengo, N. C., Tuomilehto, J., Lakka, T. A., Nissinen, A. and Jousilahti, P. :
Relationship of physical activity and body mass index to the risk of hypertension, *Hypertension*,
Vol. 43, pp. 25-30, 2004.

第4章 健康支援による生活行動変容に向けた消費エネルギー算定手法

第3章では、地方都市における健康に着目した低炭素交通の可能性について議論し、交通政策として健康支援を行うには、対面式の手法は費用が多大にかかるため、ITシステム等を用いた自動支援を推進すべきであることを示した。健康支援に関する現在の情報技術を考察すると、前章で最も削減効果が期待できると推計された摂取エネルギーは、すでにITを利用したサービスが提供されている¹⁾が、次に効果が期待できる消費エネルギーの自動推定は、現在市販されている歩数計や活動量計を用いた場合、アルゴリズム上、交通手段利用時の消費エネルギーを正確に求められないことが予測される。なぜなら歩数計は、歩数に特化したカウンタである。そのため、歩行を伴わない自転車や自動車の交通行動によって生じる消費エネルギーは、計測できない。この問題を回避するために、歩行を伴わない日常生活内の消費エネルギーを計測できるようにした活動量計が開発された。しかしこの装置は、利用者の身体が動いたときに生じる加速度の強さから、消費エネルギーを計測する装置である。よって、交通行動のように利用者がほぼ静止しているにもかかわらず、利用者が乗っている自動車等の乗り物が動いた場合、乗り物の加速度を利用者自身の運動と誤認識してしまい、本来のユーザー単体の消費エネルギーを正確に計測できないものと想定される。今後健康支援により交通行動変容を促すためには、個人の努力量、つまり、自動車を控えて徒歩や自転車で移動したことによる消費エネルギーの増加量を、正確に提示することが必要であると考える。また、算定に必要な情報を得るにあたって、特定機器の装着や入力作業は、利用者の負担となり継続の妨げとなることから、作業負担は出来る限り軽減することが望ましい。そこで本章は、現代人の約9割が保有し²⁾かつ日常的に身につけている携帯電話に着目し、個人の行動変容を効果的に促すITシステム構築を目的とした、非侵襲かつ自動での交通行動における消費エネルギー算定手法を検討する³⁾。

4.1. エネルギー算定に関する既往手法の整理

活動量の計測は、アンケート調査、歩数計、心拍記録法、酸素摂取量等いくつかの手法が報告されている⁴⁾。本研究は、交通行動利用時の消費エネルギーを非侵襲かつ自動で計測することを目的としている。そこで、数々の手法の中から、携帯電話に標準搭載されているセンサを用いて計測可能と思われる手法を調査した。以下に、各手法の詳細を示す。

4.1.1. コンテキスト推定法

3 軸加速度センサを用いて利用者の消費エネルギーをロバストかつ低消費電力で推定する手法として提案されたものであり、人間の日常での動作を「座る、立つ、歩く、走る」の4つに分類し、各動作に対して定義した METS 値より消費エネルギーを算定する⁵⁾。各コンテキストに対する METS 値は、表 4-1 で定義されている。「座る」および「立つ」時の

METS 値は、各動作を被験者が十分長い間行い、その中で観測された分散の最小値を METS 値の最小値、分散の最大値を METS 値の最大値に対応させその間は線形対応させている。コンテキストを推定後、推定コンテキストに合わせた消費エネルギー算定手法を用いるため、他の手法に比べて処理が複雑である。

表 4-1 ユーザコンテキストを用いた METS 推定

コンテキスト	運動強度(METS)
座る	(加速度の動きに応じて) 1.0~2.0
立つ	(加速度の動きに応じて) 1.2~2.3
歩く	$0.0272 \times \text{歩く速さ(m/min)} + 1.2$
走る	$0.093 \times \text{走る速さ(m/min)} - 4.7$

4.1.2. 合成加速度法

実験的に得られた 3 軸加速度センサの合成ベクトル（以下、合成加速度 S と記す）と酸素摂取量の回帰式から消費エネルギーを算定する手法⁹⁾である。3 軸の加速度を x , y , z (G) とすると、消費エネルギー C (cal/min) は以下の式で求められる。本手法は、日常生活での低強度から中強度までの活動に適用可能と報告されている。

$$C = \left(0.024 \times \sum_{i=0}^n s_i^2 + 5.218 \right) \times W \times 5.047 \quad (4-1)$$

ここで、

$$s_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \quad (4-2)$$

ただし、

W : 被験者の体重

n : 1分あたりのデータ量

4.1.3. 3 軸平均加速度法

活動強度を 3 軸の合成加速度の標準偏差(以下、3 軸平均加速度と示す)により算出し、実験的に得られた 3 軸平均加速度と酸素摂取量の回帰直線から消費エネルギー C (cal/min) を算定する手法⁸⁾である。算定式は、式(4-3)で示される。上記 3 手法の中で唯一、自転車利用時の検討がされている。

$$C = (1.887 \times Km + 5.840) \times W \times 5.047 \quad (4-3)$$

ここで,

$$Km = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=0}^n x_i^2 + \sum_{i=0}^n y_i^2 + \sum_{i=0}^n z_i^2 \right)} - \sqrt{\frac{1}{n} \left\{ \left(\sum_{i=0}^n x_i \right)^2 + \left(\sum_{i=0}^n y_i \right)^2 + \left(\sum_{i=0}^n z_i \right)^2 \right\}} \quad (4-4)$$

ただし,

W : 被験者の体重

n : 1分あたりのデータ量

4.1.4. 移動距離換算法

万歩計等で使用されている一般的かつシンプルな手法である。徒歩, および, 自転車利用時の消費エネルギー C (cal)は, 式(4-5), および, 式(4-7)で定義される。算定式に移動距離や速度を用いるため, 携帯電話を想定した場合GPSデータ等から情報を抽出する必要がある。

【徒歩時】

$$C = W \times l \quad (4-5)$$

ただし,

W : 被験者の体重(kg)

l : 移動距離(km)

【自転車利用時】

$$C = \frac{(Ar + Tr + Mr) \times V}{4180.65} \times 60 \quad (4-6)$$

ここで,

$$Ar = \frac{0.3 \times CD \times AD \times V^2 \times G}{2} \quad (4-7)$$

$$Tr = \mu \times (W + W_c) \times G \quad (4-8)$$

ただし,

Mr : 機械抵抗(N)

V : 速度(m/s)

CD : CD値

AD : 空気密度(kg/m³)

G : 重力加速度(m/s²)

μ : 転がり抵抗係数

W：被験者の体重(kg)

W_C：自転車の重さ(kg)

4.1.5. 心拍法

心拍値による消費エネルギーの算定には専用の機器が必要となるため，心拍値は，自動算定の比較対象手法には含めず，基準指標として用いる．

心拍値を用いた消費エネルギーC(cal/min)の算定式を式(4-9)に示す．

$$C = VO_2 \times f \times 5.04 \times W \quad (4-9)$$

ここで，

$$f = \frac{(HR - HR_{rest})}{HR_{max} - HR_{rest}} \quad (4-10)$$

ただし，

VO₂：最大酸素摂取量基準値(ml/kg/min)

W：被験者の体重(kg)

HR：心拍測定値

HR_{max}：最大心拍数

HR_{rest}：安静時心拍数

各実験で使用されているハードウェアの仕様を表 4-2 に示す．ここで示したコンテキスト推定法，合成加速度法，3 軸平均化速度法，移動距離換算法の 4 手法は，徒歩や日常生活の消費エネルギーを算定できる手法として報告されているが，交通手段利用時の検証はされていない．コンテキスト推定法，合成加速度法，および，3 軸平均加速度法は，活動量計と同じく加速度を指標として使用していること，また移動距離換算法は，徒歩，自転車以外の算定式を持たないことから，いずれの手法も交通手段利用時に誤推定が予測される(表 4-3 参照)．そこで本研究では，各交通行動の消費エネルギーを上記 4 手法により算定して各手法の適用可能範囲を定める．その後，健康支援による交通行動変容に向けて，日常生活における交通手段利用時の消費エネルギー自動算定手法を検討する．

表 4-2 各手法で用いられているセンサ仕様

項目	計器名	加速度 測定範囲	加速度 分解能	サンプリング 周波数
今回の実験	iphone 3G	±3G	0.018G	100Hz
コンテキスト 推定法	専用機	±2.5G	0.01G	128Hz
合成 加速度法	専用機	0～4G	0.002G	100Hz
3軸平均 加速度法	アクティマーカー EW4800	±1.98G	0.39G	20Hz
移動距離 換算法	非使用	非使用	非使用	非使用

表 4-3 各手法の消費エネルギー適応予測

内容	コンテキスト 推定による Mets値推定	合成加速度 を用いた算 定方法	3軸平均加速 度を用いた 算定方法	移動距離を 用いた算定 方法
徒歩	○	○	○	○
自転車	△ * ₁	△ * ₁	△ * ₂	○
公共交通	△ * ₁	△ * ₁	△ * ₁	×
自動車	△ * ₁	△ * ₁	△ * ₁	×

*1報告事例なし。誤差が予測される。

*2一部検討されている。

4.2. 交通手段利用時の消費エネルギー算定結果の実証的検証

本実験は、携帯電話による消費エネルギー推定を想定しているため、計測器に携帯電話（iphone 3G, apple社）を使用する。また、通常身体活動量の計測は、ガスマスク等を装着して酸素消費量を収集するのが一般的であるが、本実験では公共交通での実験を考慮して、心拍値を基準指標に用いる。心拍値は、酸素消費量と強い相関をもつことが報告されているが、一般的に低強度の身体活動においては誤差が大きいと言われているため、あらかじめ心拍値による消費エネルギーの適用可能範囲を定める。【実験1】において、歩行時の消費エネルギーを計測し、心拍による消費エネルギーの算定可能範囲を規定する。その後、【実験2】において、様々な交通行動利用時の心拍値と既往手法による算定結果を比較する。

4.2.1. 【実験 1】歩行時の消費エネルギー—心拍間の相関検証

実験 1 は、今後基準指標として用いる、心拍の適用可能範囲を定めることを目的とする。活動負荷と心拍の関係が細かく定められている歩行活動によって、歩行負荷を変えながら活動負荷と心拍値の相関関係を実証実験にて検証した。実験は、晴天時を選び 400m トラックにて行った。被験者は、日常的に自動車を利用する 30 歳代女性（以下、被験者 A と記す）と、日常的に鉄道および自転車を利用する 20 歳代男性（以下、被験者 B と記す）の 2 名を自動車、および、公共交通利用の代表ケースとして選定した。被験者にはピッチ音に合わせて歩行するように指示し、測定回ごとにピッチ音の周期を変えることで、速度が 0m/min (立位)～90m/min となるよう走行速度の変更を促した。計測装置は、携帯電話を被験者の腰部にベルトで固定し、心拍計は左手人差し指に装着している(図 4-1)。心拍計の詳細仕様は、表 4-4 とおりである。計測は、実験開始から心拍値が安定するまで 2 分間の予備歩行時間を経て行っている。

装置



心拍計



図 4-1 装着図

表 4-4 心拍計ハードウェア仕様

項目	内容
デバイス名	スポーツ用光電式脈拍モニター HR-40（日本精密測器）
測定方法	緑色光電式脈拍検出方式
加速度測定範囲	30～238拍/分
最大記録時間	255分

図 4-2は、被験者ごとに徒歩時における消費エネルギーを、横軸に心拍値から算定した消費エネルギー、縦軸にMETs値から算定した消費エネルギーとしてプロットしたものである。なお、METs換算法による消費エネルギー C (kcal)は、式(4-11)により算定している。

被験者ごとに消費エネルギーを直線回帰したところ回帰式は、

$$\text{被験者A: } y = 1.10x + 1.49 \quad (R^2=0.88)$$

$$\text{被験者B: } y = 0.67x + 6.76 \quad (R^2=0.97)$$

となり両者とも高い相関が得られているものの、係数が大きく異なっていることが確認できる。これは、心拍による消費エネルギーは、個人に依存する係数としてMETs換算法と同じ体重 W のみでなく、式(4-9)に示すように、最大酸素摂取量 VO_2 や心拍の上昇値($HR-HR_{rest}$)などの情報を使用しているため、個人に依存する定数が含まれる。したがって、被験者共通の補正式ではMETs換算法による消費エネルギー値に置換できないことを示している。一方、各個人で求めた回帰直線は、決定係数は被験者A: 0.88, 被験者B: 0.97といずれも高く、回帰直線が予測式として適当であるかを示すF値も被験者A: 41.00, 被験者B: 6.86と十分な

値となっている。また、現在基準とされている消費エネルギー算定手法は、METS換算法であることから、以降の分析では、心拍値から求めた消費エネルギーを各個人で求めた回帰直線により補正した値を、消費エネルギーの基準指標として用いる。また、本式の適用範囲は、METS値1.2～4.0 (走行速度0(m/min)～90(m/min))の範囲とする。

$$C = 1.05 \times Mets \times H \times W \quad (4-11)$$

ただし、

$Mets$: 平均歩行速度から求めたMETS値

H : 計測時間(h)

W : 被験者の体重(kg)

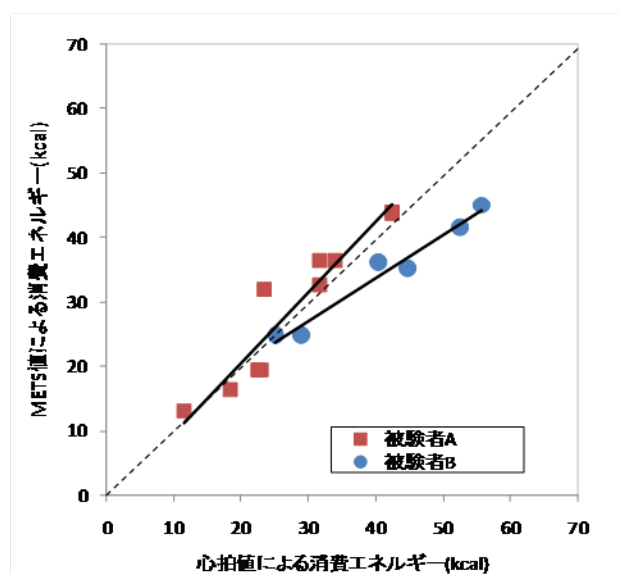


図 4-2 METS 値と心拍値による消費エネルギーの比較推定

4.2.2. 【実験 2】 交通手段利用時における消費エネルギー算定

次に、交通手段利用時の消費エネルギーを検討する。各地域において交通手段は多様であるが、ここでは健康支援による通勤通学等の交通行動変容を想定し、徒歩に次いで転換が多いと推測される自転車、行動変容の主ターゲットである自動車、公共交通の代表例である鉄道についての傾向を分析する。実験は公道で行い、同一ルートを同一被験者が走行して計測した。各被験者の走行ルートは図 4-3 の通りである。各ルートを被験者 A は 7 回、被験者 B は 10 回走行している。対象交通行動を行い、かつ、心拍が安定している期間において、重複しない 10 分間のデータを、データの状態に応じて 1～3 回切り出した。その他の計測方法は、徒歩時と同様である。切り出したデータから、各手法を用いて消費エネルギー

ギーを算定した。ただし、コンテキスト推定法と移動距離換算法に関しては、公共交通利用時に特化した算定法が存在しないため、識別アルゴリズムから今回の計測条件では着座と認識されることに着目し、着座時の算定手法を適用した。また、移動距離換算法は、基本形である徒歩時の算定式を適用した。

図 4-4～図 4-6 に各交通手段における消費エネルギーの散布図を示す。加えて、表 4-3 に手法別回帰式、表 4-6 に母平均を示す。回帰式について、無相関検定を行い 5% で棄却したところ、手法によって相関の有無が分かれた。そこでさらに、回帰直線は、分散分析から求めた F 値を求め、平均値は、心拍法による消費エネルギーと比較した t 検定、いずれも“推定可能”の仮説を立て 5% で棄却した。平均値に着目すると、算定手法によって基準値と大きくかけ離れるものがあり、既存手法の交通手段利用時適用には、問題があることがわかる。

以上の検定結果を表 4-7 にまとめて示す。表 4-7 より、今回検討したすべての交通手段において、特定手法で消費エネルギーが算定できるものは存在しないことが分かる。そこで、交通手段別にさらに検討する。

【自転車】

自転車については、コンテキスト推定法利用時、加速度から得られた消費エネルギーと、心拍値から求めた消費エネルギーに高い相関が得られており、決定係数は 0.87, F 値は 35.97 であることから、コンテキスト推定法が利用可能と推測できる。しかし、母平均の検定結果が不可となっていることから、値をそのまま使用することはできない。よって、コンテキスト推定法により求めた値を、コンテキスト推定法の回帰式($y=0.40x+6.91$)にて補正したものを自転車利用時の消費エネルギーとして用いるべきと考える。

【自動車/鉄道】

自動車/鉄道は、無相関検定と分散分析の結果が共に可と判定されたものがなく、補正式の適用は不適切と推測できる。一方、コンテキスト推定法では、母平均の推定が可と判定されている。10 分間の平均値として見た場合、基準となる心拍値による消費エネルギーは、信頼係数 95% で区間推定すると自動車：6.63～12.65、鉄道：12.54～14.71 であることから、10 分程度の平均値であれば、コンテキスト推定法による算定値を用いて支障ないものと判断する。

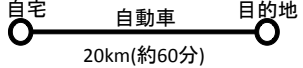
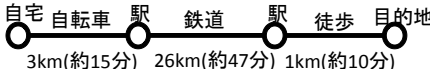
被験者	走行ルート
被験者A	
被験者B	

図 4-3 走行ルート

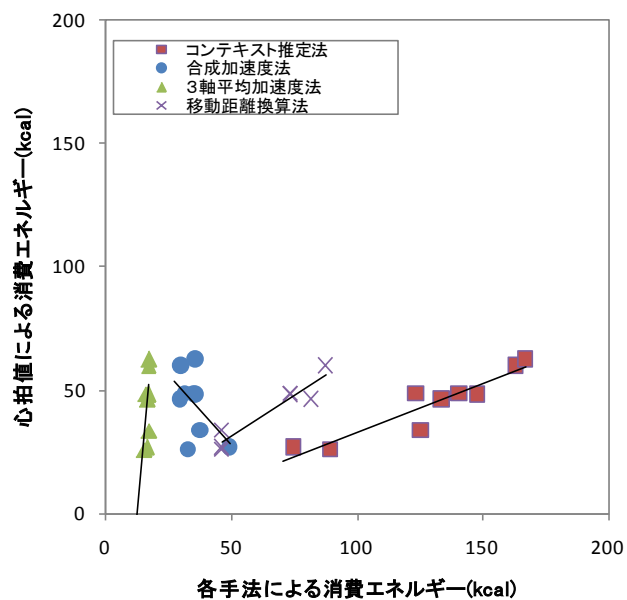


図 4-4 自転車利用時の消費エネルギー

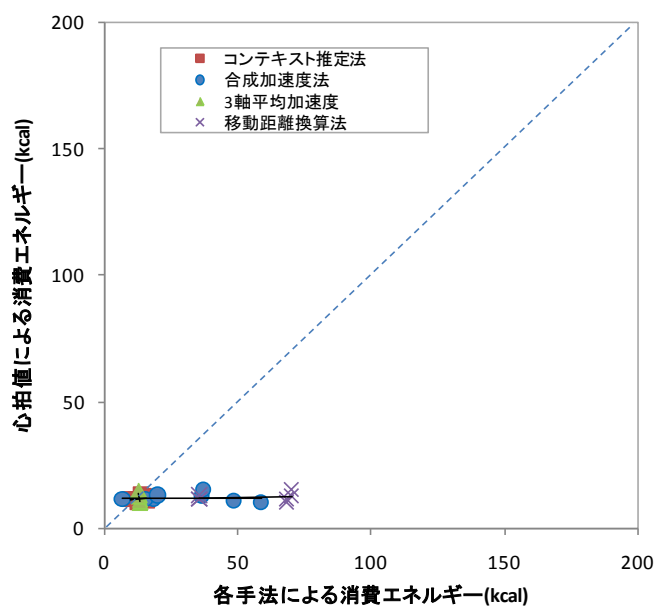


図 4-5 自動車利用時の消費エネルギー

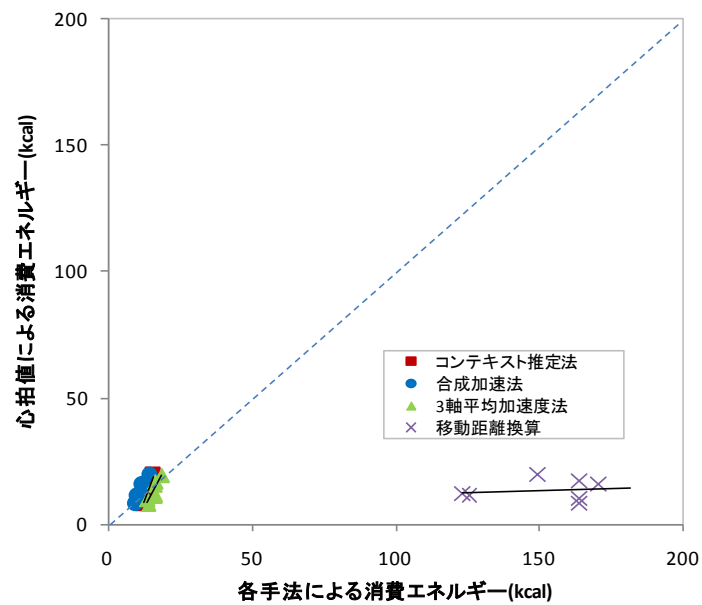


図 4-6 鉄道利用時の消費エネルギー

表 4-5 交通手段利用時の手法別回帰式

交通手段	算定方法	回帰式	R ²	F値
自転車	コンテキスト推定法	$y=0.40x+6.91$	0.87	35.97
	合成加速度法	$y=-1.16x+85.36$	0.28	3.14
	3軸平均加速度法	$y=10.88x-136.30$	0.30	12.68
	移動距離換算法	$y=0.66x+1.90$	0.90	1.49
自動車	コンテキスト推定法	$y=0.15x+9.59$	0.09	0.42
	合成加速度法	$y=-0.09x+12.27$	0.01	3.18
	3軸平均加速度法	$y=-2.79x+48.20$	0.33	0.07
	移動距離換算法	$y=0.02x+11.15$	0.04	7.27
鉄道	コンテキスト推定法	$y=2.85x-26.14$	0.81	0.00
	合成加速度法	$y=0.51x+6.53$	0.11	2.33
	3軸平均加速度法	$y=2.11x-20.33$	0.77	0.64
	移動距離換算法	$y=0.03x+9.62$	0.02	54.92

*網掛けは、5%棄却

表 4-6 交通手段利用時の消費エネルギー算定結果母平均

交通手段	算定手法	平均値	標準偏差
自転車	心拍法基準値	44.42	13.15
	コンテキスト推定法	127.58	29.87
	合成加速度法	33.89	5.47
	3軸平均加速度法	13.94	37.74
	移動距離換算法	68.00	15.98
自動車	心拍法基準値	11.97	1.55
	コンテキスト推定法	10.90	4.63
	合成加速度法	51.87	77.43
	3軸平均加速度法	10.66	5.18
	移動距離換算法	73.43	74.16
鉄道	心拍法基準値	12.02	4.40
	コンテキスト推定法	12.02	4.44
	合成加速度法	9.68	3.44
	3軸平均加速度法	14.34	4.84
	移動距離換算法	137.68	50.44

*網掛けは、5%棄却

表 4-7 手法別消費エネルギー算定結果まとめ

内容	検定法	コンテキスト推定によるMets値推定	合成加速度を用いた算定方法	3軸平均加速度を用いた算定方法	移動距離を用いた算定方法
自転車	無相関検定	可	不可	不可	可
	母平均検定	不可	不可	不可	不可
	分散分析	可	不可	可	不可
自動車	無相関検定	不可	不可	不可	不可
	母平均検定	可	不可	不可	不可
	分散分析	不可	不可	不可	可
鉄道	無相関検定	可	不可	可	不可
	母平均検定	可	不可	不可	不可
	分散分析	不可	不可	不可	可

4.3. 交通手段利用時の消費エネルギー算定手法の提案と検証

これまでの分析により，交通手段利用時の消費エネルギーは，コンテキスト推定法による算定が有効だが，自転車利用時には独自の補正をする必要があることが分かった．小林ら⁸⁾によると，本実験で使用した交通手段は，加速度とマイクを用いて収集した周辺音の情報を用いて識別が可能であると報告されている．これを利用し，識別した交通手段に応じて切り替えて算定手法を切り替えれば交通手段利用時の消費エネルギーは算定可能と考えられる．日常生活における消費エネルギーの算定は，今回検討した全ての手法で算定可能と報告されているため，ここでは日常生活の消費エネルギー算定手法については省略し，交通行動に限定して図 4-7の算定フローを提案する．まず被験者が移動中の場合，既存の交通行動識別アルゴリズムを用いて，徒歩か徒歩以外であるかを識別する．徒歩の場合には，コンテキスト推定法（コンテキスト：徒歩時算定手法）を適用し消費エネルギーの算定を行う．徒歩以外の場合は，コンテキスト推定法（コンテキスト：着座時算定手法）を適用し，自転車の場合は，さらに算定結果を前章で求めた自転車利用時のコンテキスト推定法から得られた回帰式($y=0.40x+6.91$) (表 4-5参照)により心拍値による消費エネルギーに相当する値に補正する．

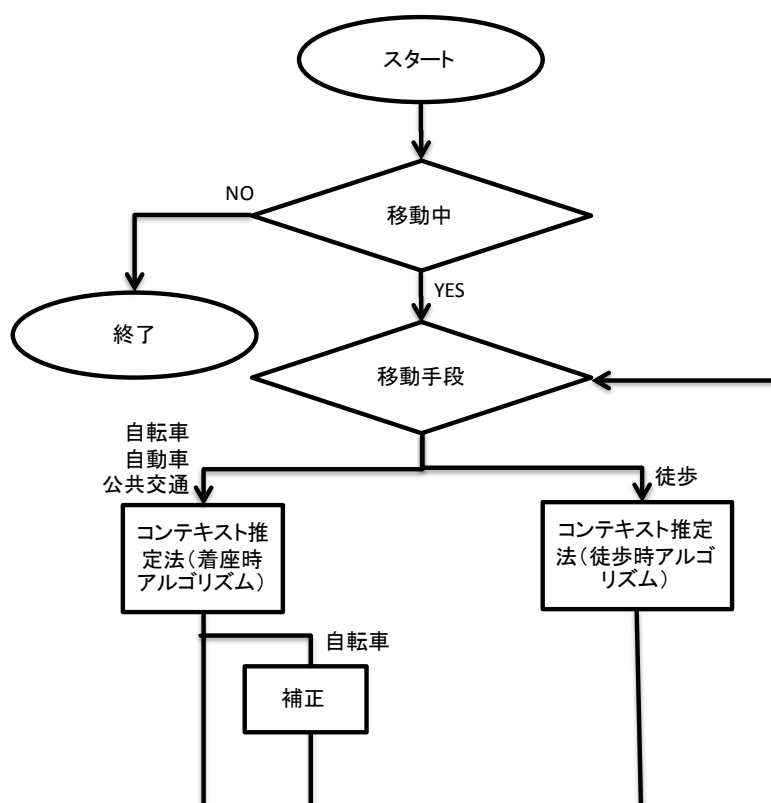


図 4-7 手法別消費エネルギー算定フロー

提案手法により求めた消費エネルギー算定結果を図 4-8に示す。被験者は、これまでの検討に使用した被験者A, Bに加えて、日常的に自動車を利用する被験者C(40代女性), 被験者D(30代女性), 日常的に自転車および公共交通機関を利用する被験者E(10代男性), 被験者F(10代女性)の6名とした。計測は、日常生活の中で行っており各被験者のとる交通行動および行動時間は任意としている。図 4-8で得られた心拍と提案手法から算定した消費エネルギーのプロット結果を、全被験者共通で直線回帰したところ回帰式は $y=1.05x-1.95(R^2=0.81)$ と求められた。傾きは1.05と、心拍値と提案手法から算定した消費エネルギーはほぼ一致している。また、相関係数も0.81であり、高い相関が得られており、日常交通行動における提案手法の妥当性が確認できた。

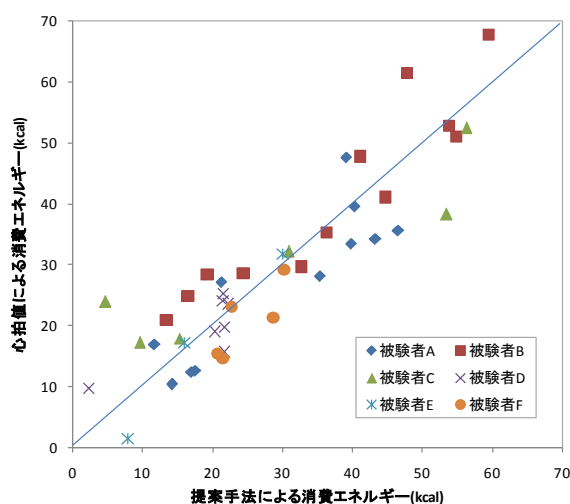


図 4-8 消費エネルギー算定フロー

4.4. 結語

本章は、健康支援によるモビリティ・マネジメントを今後行うために必要と想定される、交通行動の消費エネルギー自動算定手法を構築するため、既存の消費エネルギー算定手法を交通手段利用時に適用して適用可能範囲を分析した。その結果、以下の4点を明らかにした。

- ・交通手段利用時による消費エネルギーは、既存の算定手法を使用した場合、交通手段と算定手法の組み合わせによって誤推定される場合があることが明らかとなった。
- ・交通手段利用時の消費エネルギーを正しく求めるためには、交通手段によって算定手法を切り替える必要があることが明らかとなった。
- ・自転車の消費エネルギー算定には、これまで距離や心拍値が一般的に用いられていたが、今回の実験により加速度との高い相関が確認できた。
- ・自動車、および、鉄道利用時の心拍変動は小さく、10分程度の平均値で十分推定が可能

であることが分かった。

- ・今回検証した全交通手段において、携帯電話に搭載されたセンサのみで消費エネルギーの自動算定が可能であることが確認できた。

一方、今回行った実験では、日常的な通勤通学行動を想定して特定年齢層での傾向を見るに留めたが、今後は、中高齢者および年少者への適用を検討する必要がある。さらに、今回提案した手法が代表交通手段のみでなく、その他の交通手段についても適用可能であるか検証後、本技術を流用して生活行動変容のための健康支援ITシステムを構築し、システム利用による生活行動の変容効果を分析していく予定である。

第4章 参考文献

- 1) 健康増進アシストサービス：<http://www.karada.ft.nttcloud.net>
- 2) 総務省：情報通信白書 <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/index.html>
- 3) 真坂美江子，加藤研二，近藤光男，奥嶋政嗣：健康支援による生活行変容に向けての交通行動消費エネルギー算定手法の検討，土木計画学研究・論文集，Vol.28，pp.635-642，2011.
- 4) 辻岡三南子：身体活動その評価方法と健康への影響，慶応保健研究，vol.15，No.1，pp.10-18，1997.
- 5) 笠七菜実，川原圭博，小林亜鈴，浅見徹：非運動性活動を考慮した加速度センサによる消費エネルギー推定手法，情報処理学会研究報告，pp.67-74，2008.
- 6) 小熊祐子，山本哲史，木下訓光，勝川史憲，大西祥平，山崎元：心拍同時記録3次元加速度計を用いた活動強度と身体活動量の評価 1 基礎的検討，慶応義塾大学スポーツ医学研究センター紀要，pp.25-31，1999.
- 7) 松村吉浩，山本松樹，北堂正晴，中村秀樹，本寺和憲，藤本繁夫：3軸加速度センサを用いた高精度身体計測，松下電工技報，Vol.56，No.2，pp.60-66，2008.
- 8) 小林亜鈴，岩本健嗣，西山智：携帯電話を用いたユーザー移動状態推定・共有方式，情報処理学会研究報告，pp.115-120，2008.

第5章 健康MMにおける健康・環境促進効果

本章は、これまでの分析結果を参考に「個人の健康」を動機付けとした社会実験を行い、その効果を検証する。健康を動機付けとした MM は、中井ら¹⁾、瀬戸ら²⁾による、健康情報の提供による歩行量の増加を報告しており、健康 MM の有用性は、証明されつつある。しかしこれらの実験は、比較的公共交通の利便性の良い地域で実施されており、歩数計を提供するなどによる歩行量の増加を主な目的としているが、公共交通が未発達な地域では、徒歩によりむしろ自転車の利用が促進される可能性があると言われており³⁾、公共交通が未発達な地方都市において、健康 MM の効果が、公共交通の整った地域と同等に得られるとは限らない。また近年、特定保険指料の義務化に伴い、企業において社員の健康への関心が高まりつつある。通勤行動は、日常的に繰り返すため、簡単かつ継続的に運動習慣が得られ、さらに低炭素にも繋がる活動であり、企業において従業員の健康と地球環境問題を同時解決できる健康 MM の推進は、新たな低炭素通勤施策としての可能性を秘めていると考える。そこで本研究は、公共交通が十分に発達していない地方都市において、自動車から徒歩のみでなく自転車への転換も考慮に入れた健康 MM を通勤施策として導入し、地方都市における健康 MM の導入効果を CO₂削減、および、健康促進効果の観点から評価する。

5.1. 健康・環境促進効果の検証

前章までの分析の結果、本地における健康に着目した低炭素交通政策導入に関して、以下が明らかとなった。

- ① 健康に関する情報を提供することで、自動車利用を控える効果が期待できる。
- ② 通勤政策として導入した場合、生活習慣病予防効果も期待できる。
- ③ 健康支援内容は、摂取カロリーと消費カロリーに関する情報提供が効果が高い。
- ④ 参加者の環境や自動車利用に対する意識。“地球温暖化防止のために自動車利用を控えようと思っているか”や“自動車利用を控えることを困難と感じているかどうか”が自動車抑制効果に大きく影響する。
- ⑤ 専門家（医師や栄養士）を投入した場合、低炭素交通政策として持続していることは難しい。（費用が大きくなりすぎる）
- ⑥ IT システム等による安価な健康支援であれば、導入企業にとっても十分メリットが期待できる。

上記を検証するため徳島市郊外において健康を動機づけとした自転車・徒歩推進のための通勤社会実験を実施した。本実験は、徳島市内の特定工業団地に立地する 9 事業所合同による、今後の通勤施策導入を見据えた社会実験である。実験対象となる事業所は、最寄駅から 6.6km 離れており、通勤通学時間帯の列車乗り入れ本数は、1 時間に 3 本程度、さらに最寄駅と対象地域を結ぶシャトルバス等もなく、通勤に十分な公共交通が整備されてい

ない。このような背景もあり、社会実験以前の通勤手段は、約 9 割が自動車通勤である。

実験は、事前登録制としており、社会実験開始の 1 ヶ月前に自転車・徒歩通勤による健康効果を示したチラシ(図 5-1)を従業者に配布し、社会実験の参加者を募集した。実験の母体である徳島県は、特に糖尿病等の生活習慣病患者数が非常に高い県であるため⁷⁾、自転車や徒歩で通勤することによる生活習慣病予防効果を大きく PR したチラシとした。健康促進効果は、行動を長期的に実施することにより得られるものである。そこで実験期間を 1 カ月設け、被験者にはできる範囲で自転車や徒歩で通勤いただけるよう依頼し、通勤時の自転車・徒歩利用頻度を計測した。実験日は、本地において比較的自転車や徒歩による移動がし易い、10 月 1 日から 31 日の 1 ヶ月である。参加者には記録用紙を配布し、実験期間中に自転車や徒歩で通勤した日を把握した。記録用紙の裏面には、本地において高い自動車抑制効果が期待できる健康情報の一つとして報告されている⁸⁾消費エネルギーの早見表を添付し、参加者が健康効果を意識できるようにしている。また社会実験前には、社会実験への参加意図や環境に関する意識を把握するためのアンケート調査を実施している。


低炭素交通社会実験にご協力ください PART1

今回のテーマは


健康のために 自転車 or 徒歩で通勤しよう

40～74歳のメタボリックシンドロームもしくは予備軍

男性・・・2人に1人
女性・・・5人に1人



移動はいつも車。
ドア to ドアの生活は
とーっても便利



メタボ予防には
毎日ちょこちょこ体を動かすこと。
普段の生活の中でやっているようなことを積み重ね
ることが非常に大事です。

でも、それが
生活習慣病のリスクをあげている!!


徳島県は、糖尿病死亡者数ワースト1

そこで

自転車 or 徒歩通勤のすすめ

- 有効な有酸素運動であり、健康に良い。
- ダイエットや持久力の向上、ストレス解消にも効果がある。
- 朝の過度な運動はその後の業務にも好影響をもたらす。
- CO₂排出量を削減できる。 といいことづくめです。

はじめてみませんか?
自転車 or 徒歩通勤



ご協力いただける方に
消費カロリーが計測できるアプリケーション搭載
iPhone 無料レンタル致します!! (先着 35 名)

お持ちの方には、運賃費として
2,000 円分を補助 (先着 30 名)

この機会に自転車通勤にチャレンジしたい方を
優先させていただきます。期間中は消費カロリーの
計測を忘れずに行ってください。それ以外は
自由に利用ください(通話は不可)。
レンタル期間は1ヶ月間です。期間終了後は、回収致します。

自転車			(時速15kmで1時間乗った場合)		
体重	消費カロリー	食品例	体重	消費カロリー	食品例
40kg	200kcal	ごはん 中茶碗 1杯 120g	60kg	300kcal	チーズバーガー 1個
60kg	300kcal	チーズバーガー 1個	80kg	400kcal	板チョコ 1枚



お名前 _____ 通勤距離 _____ km

(分で1時間歩いた場合)

食品例




-  食パン 1枚
-  うどん 1杯
-  カルビ 1人前

図 5-1 募集チラシと記録用紙

5.1.1. 実験参加者の特徴

社会実験参加者に対し実験前と実験後の 2 回アンケートを実施し、どのような参加者が今回の実験に参加しているのかを把握した。社会実験は、事前登録制としており、実験に参加意思のある従業者に事前申請いただいている。募集の結果、133 名に事前登録いただいた。今回の実験に協力いただきたい事業所の全従業者数は、2567 名であり実験参加者は、従業者全体の約 5%に相当する。図 5-2 に、実験参加者の男女年齢別内訳を示す。従業者全体の男女比に偏りがあるため、男女別参加率は 9 割を男性が占めている。また年齢別にみると、30 歳代～50 歳代の比率がほぼ同数であり、29 歳未満の参加者が少ないが、こちらも従業者全体の分布の偏りが大きく影響しており、全従業者に対する参加率は、各年代とも 6～7%である。図 5-3 は、実験参加者の居住地分布である。就業地は、第 3 章の調査と同じ徳島市郊外である。参加者の居住地は、半数が徳島市内、残り約 4 割が隣接する市となっており、就業地まで公共交通機関等を利用することなく自転車のみで通勤できる参加者が大多数であった。図 5-4 に、実験期間中の自転車徒歩通勤実施回数を示す。実験期間中の平日稼働日 20 日間、毎日自転車徒歩通勤を行った参加者は、11 名であり、その他の被験者は、自転車もしくは徒歩による通勤手段と、それ以外の通勤手段を使い分けていることが分かる。本研究は、通勤手段を自転車や徒歩による活動的な通勤に変えることによる健康向上を目的としているが、健康向上のためには、自転車徒歩による通勤を継続的に実施する必要があり実施回数は、健康効果を推計する上で重要な要素となる。

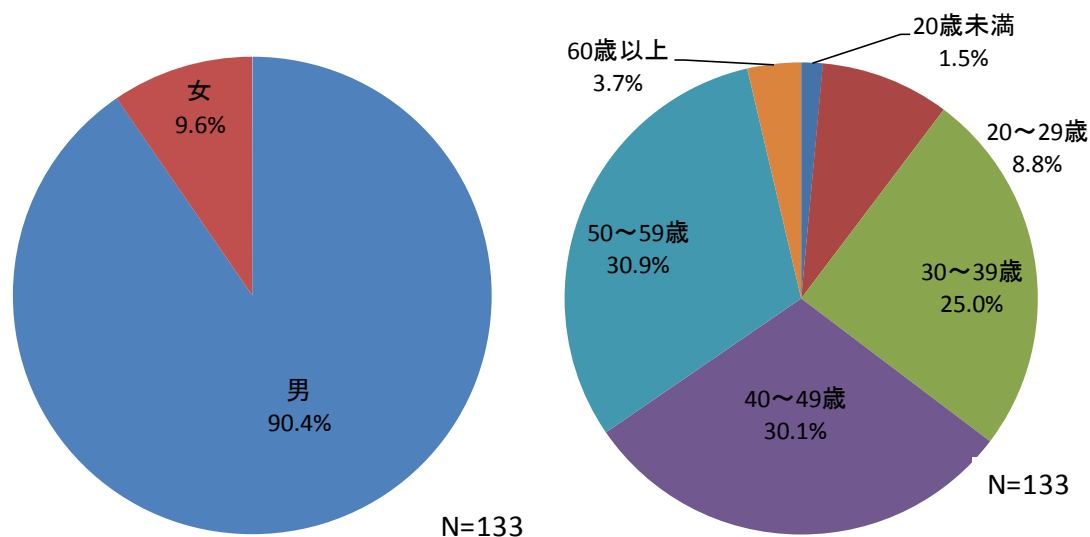


図 5-2 実験参加者の男女年齢別内訳

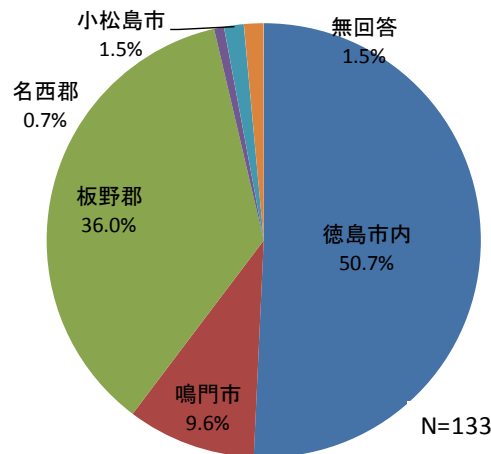


図 5-3 居住地内訳

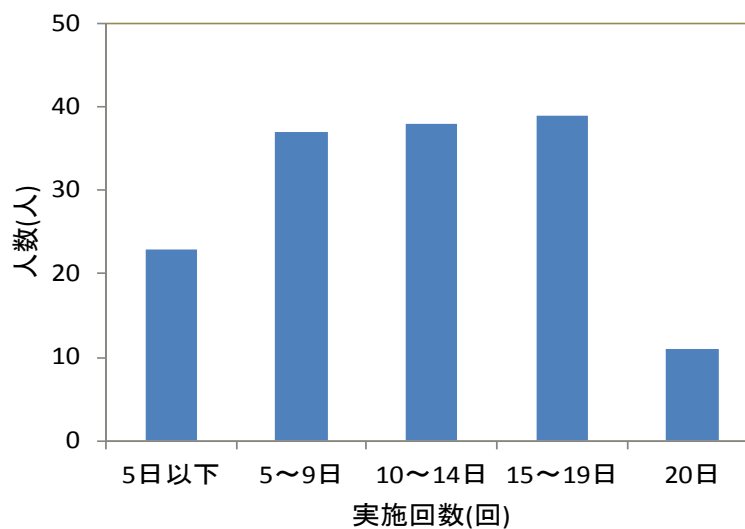


図 5-4 自転車徒歩通勤実施回数内訳

そこで、被験者により実施回数が異なる原因を把握するため、実施回数と個人属性間の平均および相関係数を求めた。算定結果を表 5-1 に示す。ここで、日常実施者とは、実験参加者が社会実験以前に自転車・徒歩通勤を実施していたか否かで分類したものである。平均値について t 検定、相関係数について無相関検定を行い、5%有意で差もしくは相関が得られたものに網掛けしている。なお、年齢の平均値は、対象箇所とそれ以外に 2 分して t 検定を行っている。網掛けされている箇所を見ると、年齢は、30 歳代の実施回数が多く、40 歳代が逆に少ないこと。通勤距離は短い方が、実施回数が多いこと。また、自転車徒歩通勤を日常的に実施している者の方が、実施回数が多く、日常的に実施していない実施者の 1.5 倍に上る。この比率は今回分類に用いた個人属性の中で最も高い。また、相関係数からも日常実施者か否かで有意な相関が確認できる。今回の健康を動機づけとした自動車か

ら自転車・徒歩通勤への交通手段の転換を、健康のための行動変容と捉えると、プロセスから¹⁰⁾によるトランス・セオレティカルモデルが適用できると考えられる。本モデルは、健康行動の変容段階を、無関心期（行動を変えるつもりが全くない）、感心期（行動を変えようとは思っているがすぐにするつもりはない）、準備期（行動をすぐにでもか変えようと思っている）、実行期（行動を変えて間もない）、維持期（行動を変えた段階が継続している）の5段階に分けており、行動変容は各段階を行き来しながら進んでいくとしたモデルである。本モデルの大きな特徴は、実行期の考え方にある。実行期、つまり行動変容をした直後の被験者は、その行動を取りやめやすい等、行動が定着している維持期の被験者と異なり、行動を支援する際にも実行期とは異なる支援が必要と述べている。つまり、健康促進のように、変容行動の長期的実施が必要となる施策を導入する際には、その行動の習慣性を考慮する必要があると考えられる。本モデルからも、参加者が自転車・徒歩通勤を日常的に実施しているか否かは、重要な要素であると考えられる。そこで以降の分析は、自転車・徒歩通勤の習慣性を考慮し分析する。

今回の実験は、133名が参加しており、社会実験前から自転車・徒歩通勤を実施している参加者が63名(48%)、以前自転車もしくは徒歩通勤を実施したことがあるが、社会実験時点で自転車・徒歩通勤を実施していなかった参加者が46名(35%)、残りの24名(17%)が、今回初めて自転車・徒歩通勤を実施する参加者であった。ここでは、行動の習慣性に着目するため、社会実験前から自転車・徒歩通勤を実施している参加者を「日常実施者」、それ以外の参加者を「施策による手段転換者」と2グループに分類すると、日常実施者48%、施策による手段転換者52%とほぼ均等に2分化される。

表 5-1 個人属性別自転車徒歩通勤実施回数

区分	内容	平均	相関係数
性別	男性	11.78	0.02
	女性	12.08	
年齢	29歳未満	11.54	-0.06
	30歳代	14.19	
	40歳代	10.23	
	50歳以上	11.92	
通勤距離	6.5km未満	12.93	-0.38
	6.5km以上	10.10	
自転車徒歩通勤の習慣性	日常実施者	14.48	0.47
	施策による手段転換者	9.41	

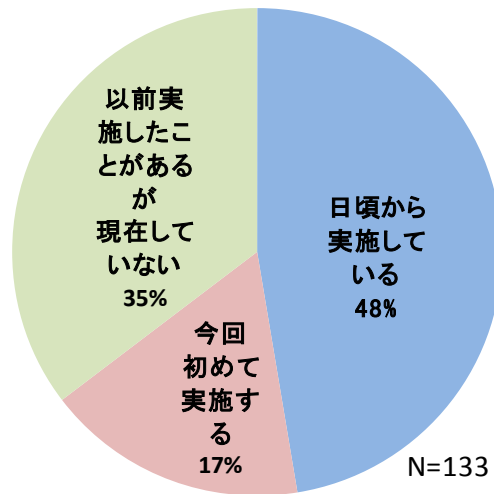


図 5-5 日頃の自転車・徒歩通勤実施状況

表 5-2 日頃の実施状況分類

分類	内容	人数
日常実施者	日頃から自転車徒歩通勤を実施している	63
施策による手段転換者	以前実施したことがあるが現在実施していない	70
	今回初めて実施する	

実験参加者の男女別内訳を、表 5-3、表 5-4 に示す。男女年代別全従業者数に対する男性の参加率は、日常実施者：2～6%，施策による手段転換者：1～4%であるのに対し、女性は、日常実施者：0～1%，施策による手段転換者：1～2%となっている。男女の参加率の差を示す z 値は、日常実施者： $z=3.32$ ，施策による転換者： $z=2.22$ であり、両者とも男性の参加率が有意に高い。

また表 5-5 は、通勤距離別に見た参加人数である。日常実施者、施策による手段転換者とも通勤距離 16km 未満の参加者が約 9 割となっている。今回実験対象とした就業地のように、公共交通が十分整備されていない地域において自転車・徒歩による通勤を推進した場合、転換対象者は、公共交通等の乗り継ぎを行わずに、自宅から自転車・徒歩のみで通勤できる範囲であることが分かる。

表 5-3 社会実験登録者（男性）

		29歳未満	30歳代	40歳代	50歳以上	計
人数	日常実施者	9	21	14	15	59
	施策による手段転換者	2	9	26	24	61
参加率	日常実施者	6%	4%	2%	2%	3%
	施策による手段転換者	1%	2%	4%	4%	3%

表 5-4 社会実験登録者（女性）

		29歳未満	30歳代	40歳代	50歳以上	計
人数	日常実施者	1	1	0	2	4
	施策による手段転換者	2	2	1	4	9
参加率	日常実施者	1%	0%	0%	1%	1%
	施策による手段転換者	2%	1%	1%	2%	1%

表 5-5 通勤距離別登録者

		4km未満	～8km	～12km	～16km	16km以上
人数	日常実施者	26	20	11	4	2
	施策による手段転換者	16	34	14	7	3
参加率	日常実施者	7%	2%	1%	1%	1%
	施策による手段転換者	4%	4%	2%	2%	1%

次に、社会実験期間に参加者が転換した交通手段を比較する(図 5-6)。転換交通手段に慣性による大きな差は見られず、日常実施者、施策による手段転換者とも自転車への転換が徒歩への転換に比べて約 10 倍であり、自転車転換者と徒歩転換者の比率の差を示す z 値は、日常実施者： $z=8.29$ 、施策による手段転換者： $z=9.60$ と日常実施者、施策による手段転換者とも自転車通勤者の比率が徒歩通勤者に比べて有意に高く、地方都市では、徒歩に比べて自転車への転換がし易いことを裏付ける結果となっている。なお、施策による手段転換者の社会実験開始前の交通手段は、すべて自動車である。図 5-7 は、実験期間中の平日稼働日 20 日中に、各参加者が自転車、もしくは、徒歩で通勤した回数の散布図である。活動的な通勤を行うことで健康面での促進効果を得るためには、行動を繰り返し実施しなければならない。今回の実験は、参加者が実験期間中自転車・徒歩通勤を実施する回数を個

人の裁量に任せており，参加者がどれくらいの頻度で自転車・徒歩通勤を可能であるかを調査した．日常実施者と施策による手段転換者の実施回数を比較すると，日常実施者は，15 回以上のほぼ毎日自転車・徒歩通勤を実施している者が 60%であるのに対し，施策による手段転換者は，16%，平均実施回数は，日常実施者が 14.93 回であるのに対し，施策による手段転換者は，9.40 回であり，両者の平均値の差を示す t 値は， $t = 1.98$ と有意に異なる．また，通勤距離に対する実施回数の近似式は，日常実施者： $y = -0.50x + 17.47 (R = 0.43)$ ，施策による手段転換者： $y = -0.38x + 12.10 (R = 0.31)$ となり，相関の有無を示す t 値は，日常実施者： $t = 3.68$ ，施策による手段転換者： $t = 2.78$ と，自転車・徒歩通勤実施回数は，日常実施者，施策による手段転換者とも強い相関ではないが，通勤距離が長くなるに従い線形的に減少する傾向が見られる．

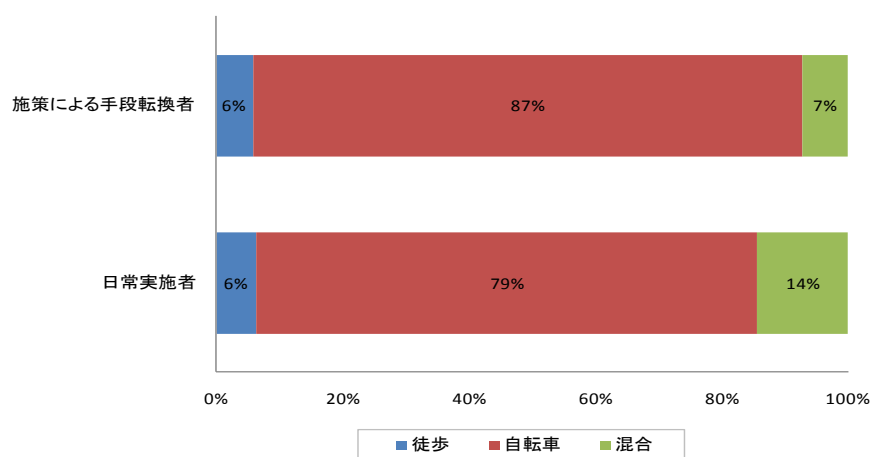


図 5-6 転換交通手段内訳

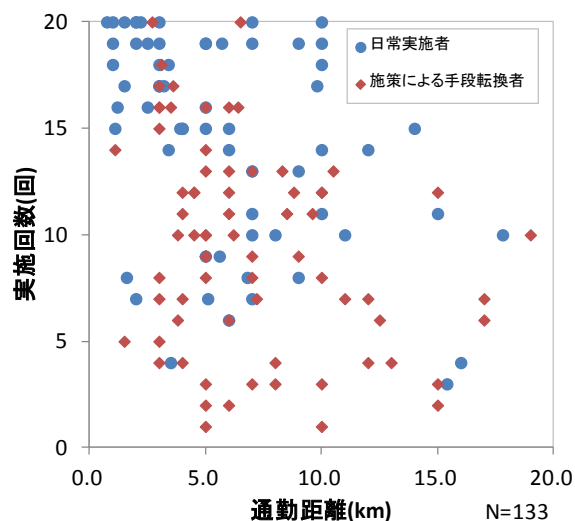


図 5-7 自転車・徒歩通勤実施回数

5.2. 健康・環境促進効果の推計

ここまでの分析を踏まえ、日頃の自転車・徒歩による通勤実施状況を加味したうえで、本施策による環境と健康の促進効果を推計する。ただし健康効果は短期の運動では得られないため以降の分析は、実験参加者が今後も継続して実験期間中の通勤行動を実施すると仮定している。参加者の自転車・徒歩通勤習慣別に CO₂ の削減効果を算定した結果を表 5-6 に示す。CO₂ 削減効果の算定式は、式(5-1a)の通りであり、実験期間中各参加者が実施した自転車・徒歩通勤回数から、全日自動車通勤した場合に対する削減率を求めている。前節で述べたように、実施回数は、日常実施者と施策による手段転換者で大きく異なるため両者の削減率にも差が生じており、日常実施者の CO₂ 削減率が、70%であるのに対し、施策による手段転換者の CO₂ 削減率は、43%となった。両者の差を示す t 値は、t=2.04 であり、日常実施者の削減率が有意に大きいことが確認できる。

表 5-6 CO₂ 削減効果

	a.自動車通勤を 想定した場合の CO ₂ 排出量(kg)	b.自転車・徒歩 通勤による CO ₂ 削減量(kg)	削減率 (b/a)
日常実施者	3111.78	2163.26	70%
施策による 手段転換者	4084.08	1755.96	43%

$$R_{co2} = \frac{V_{low}}{V_{car}} \quad (5-1a)$$

ここで、

$$V_{car} = \sum_i n_{day} \frac{h_i \cdot U_{co2}}{U_{car}} \quad (5-1b)$$

$$V_{low} = \sum_i n_i \frac{h_i \cdot U_{co2}}{U_{car}} \quad (5-1c)$$

ただし、

V_{low} ：自転車・徒歩通勤による CO₂ 削減量

V_{car} ：自動車通勤を想定した場合の CO₂ 排出量

i ：参加者

n_{day} ：平日稼働日数(20 日)

h_i ：通勤距離(km)

U_{co2} ：CO₂ 原単位(2.3kg/l)

U_{car} ：自家用車平均燃費(11km/l)

n_i ：自転車・徒歩通勤実施回数

次に、健康促進効果を推計する。推計に当たり、2件のコホート研究^{11), 12)}を適用する(表5-7)。両者はいずれも、実験開始時に生活習慣病を発症していない従業者を、自転車・徒歩等の活動的な通勤をしているグループと自動車等の非活動的な通勤をしているグループに分け、2型糖尿病については2年後、高血圧症については10年後の発症率を比較したものである。これより実験参加者の生活習慣病発症リスク削減効果 H を式(5-2a)から算定した。ただし、今回適用したコホート研究では、活動的な通勤の頻度に関する記載は無く、活動的な通勤をしているか否かのみでの分類となっているが、今回の実験から実験参加者は、活動的な通勤をする意思を表示していても、期間中毎日活動的な通勤をするとは限らないことが分かった。そこで、各疾患のリスク削減率 H の算定に、社会実験期間中の平日稼働日に対する各被験者の自転車・徒歩通勤実施回数を、自転車・徒歩通勤実施頻度 R_T として加味している。算定の結果、日常実施者の高血圧発症リスク、2型糖尿病発症リスクは、18%～19%、施策による手段転換者のリスクは、10%～11%の削減効果が期待できることが確認された。

表 5-7 活動的な通勤時間と生活習慣病発症リスク

	活動的な通勤時間(min)		
	0～10	11～20	21分以上
高血圧症発症リスク	1.0(標準)	0.91	0.70
2型糖尿病発症リスク	1.0(標準)	0.86	0.73

*通勤時間は、往復

$$H = \frac{\sum_T d_T \cdot N_T \cdot R_T}{M} \quad (5-2a)$$

ここで、

$$d_T = 1 - r_T \quad (5-2b)$$

ただし、

- T : 通勤歩行時間
- r_T : 各生活習慣病の通勤時鑑別別発症リスク削減率
- N_T : 対象通勤時間の人数
- R_T : 自転車・徒歩通勤平均実施率
- M : 全実験参加人数

表 5-8 自転車・徒歩通勤による生活習慣病発症リスク削減効果

	削減効果	
	高血圧発症リスク	2型糖尿病発症リスク
日常実施者	19%	18%
施策による手段転換者	14%	12%

5.3. 健康・環境促進効果拡大施策

前節により今回の社会実験は、環境、および、健康促進に一定の効果が期待できることが確認できたものの、自転車・徒歩通勤を実施できる回数は参加者によって様々であり、自転車・徒歩通勤を試みたにもかかわらず、実験期間中の自転車・徒歩通勤実施回数が半数以下の参加者が 37%を占めていた。これらの参加者の実施回数をさらに確保できれば、環境・健康効果は高まることが期待できる。そこで、実施回数との因果関係を分析して環境・健康効果の拡大方法を検討する。

実施回数の決定要因を見つけるため、実験参加者の個人属性、就業時間、実験参加目的、環境や健康に関する意識を調査し、要因ごとの平均実施回数と相関係数を算定した。算定結果を表 5-9～表 5-13 に示す。平均値については、統計検定の結果 5% 有意な差が得られた箇所、相関係数については、相関が得られた箇所に網掛けをしている。網掛けされた箇所は、日常実施者と施策による手段転換者と異なっており、日常実施者は、表 5-9 男女別平均自転車・徒歩通勤実施回数、表 5-11 就業開始時間別平均自転車・徒歩実施回数、表 5-13 環境や自動車利用に関する意識別平均自転車・徒歩実施回数で、施策による手段転換者は、表 5-10 年齢別平均自転車・徒歩実施回数、表 5-11 就業開始時間別平均自転車・徒歩実施回数となっている。これより日常実施者は、女性の平均自転車・徒歩通勤実施回数が、男性の平均自転車・徒歩通勤実施回数より高く得られており、表 5-3、表 5-4 より、女性は、男性に比べて社会実験への参加比率は少ないが、自転車・徒歩通勤を実施する頻度は、男性に比べて高いことが分かる。また、就業開始時間別に見た場合、8:30 以降の参加者の平均自転車・徒歩通勤実施回数は、他に比べて有意に高くなっており、就業開始時間は遅い方が実施回数を確保しやすいことも読み取れる。環境や健康に対する意識別に見た平均自転車・徒歩通勤実施回数および相関係数に有意な傾向が見られたのも日常実施者のみであり、環境に関心がある参加者は、関心がない参加者に比べて実施回数が多いこと、健康に自信がない参加者は、自信ある参加者に比べて実施回数が多いことが読み取れる。次に、施策による手段転換者に着目する。施策による手段転換者は、年代別にみると 29 歳未満の平均自転車・徒歩通勤実施回数が少なく、30 歳代の平均自転車・徒歩通勤実施回数が他のグループに比べて多い。就業開始時間は、8:00 の参加者に比べて、8:30 の参加者の方が平均自転車・徒歩通勤実施回数が多く、相関係数も就業開始時間に対して正の相関となっている。

表 5-9 男女別平均自転車・徒歩通勤実施回数

	平均自転車・徒歩通勤実施回数		相関係数
	男性	女性	
日常実施者	14.26	17.75	0.18
施策による手段転換者	9.42	9.56	0.01

表 5-10 年齢別平均自転車・徒歩通勤実施回数

	平均自転車・徒歩通勤実施回数				相関係数
	29歳未満	30歳代	40歳代	50歳以上	
日常実施者	14.65	14.93	14.15	14.08	-0.03
施策による手段転換者	3.75	12.96	8.25	9.91	0.15

表 5-11 就業開始時間別平均自転車・徒歩通勤実施回数

	平均自転車・徒歩通勤実施回数				相関係数
	8:00以前	8:00	8:30	8:30以降	
日常実施者	-	14.31	15.42	19.50	0.20
施策による手段転換者	9.25	8.55	12.29	12.00	0.26

表 5-12 実験参加目的別平均自転車・徒歩通勤実施回数

		平均自転車・徒歩通勤実施回数		相関係数
		はい	いいえ	
日常実施者	地域貢献	14.97	14.29	0.06
	健康になれる	14.07	14.59	-0.05
	ガソリン代節約	15.28	14.17	0.10
	楽しそう	12.13	14.83	-0.19
施策による手段転換者	地域貢献	9.54	9.32	0.02
	健康になれる	9.97	9.24	0.10
	ガソリン代節約	8.28	9.80	-0.14
	楽しそう	8.88	9.44	-0.03

表 5-13 環境や自動車利用に関する意識別平均自転車・徒歩通勤実施回数

		平均自転車・徒歩通勤実施回数		相関係数
		はい	いいえ	
日常実施者	環境問題に関心がある	15.29	12.97	0.26
	地球温暖化防止のために自動車利用を控えようと思っている	14.85	14.00	0.09
	自動車利用を控えることは難しい	13.63	14.75	-0.10
	健康に自信がある	12.28	15.23	-0.27
施策による手段転換者	環境問題に関心がある	9.29	9.76	-0.04
	地球温暖化防止のために自動車利用を控えようと思っている	9.55	9.24	0.03
	自動車利用を控えることは難しい	8.68	9.79	-0.13
	健康に自信がある	9.40	9.41	0.00

続いて上記の統計分析結果から、さらに効果的な施策を抽出する。図 5-7 の通勤距離に対する自転車・徒歩通勤実施回数分布より、自転車・徒歩通勤実施回数と通勤距離は、線形の相関が見られるため、自転車・徒歩通勤実施回数と他の変数間についても、線形の相関を想定し、ここでは重回帰分析を用いる。実施回数を目的変数として、説明変数にこれまでの分析で有意な傾向が確認された、個人属性と環境や健康に対する意識を投入した。算定結果を表 5-14～表 5-15 に示す。t 値より 5%有意と判定された説明変数に網掛けをしている。各モデルの有意確率は、日常実施者のモデルが、 $p=0.0005$ 、施策による手段転換者 $p=0.0007$ であり、モデルは予測の役に立つと判断する。分析の結果より、日常実施者に対しては、①通勤距離が短く、②環境に関心があり、③健康に自信がない参加者、施策による手段転換者は①通勤距離が短く、②年齢が比較的高く、③就業開始時間が遅いことが自転車・徒歩通勤実施回数の増加により大きな影響を与える変数として選定された。

表 5-14 重回帰分析（日常実施者）

変 数	偏回帰係数	単位	備考
通勤距離	-1.07	km	
性別	-3.71	-	男性:1 女性:0
年齢	-0.06	歳	
就業開始時間	133.63	秒	実験期間中就業を開始した平均的な時間
環境問題に関心がある	5.81	-	関心がある:1 それ以外:0
健康に自信がある	-6.24	-	自信がある:1 それ以外:0

表 5-15 重回帰分析（施策による手段転換者）

変 数	偏回帰係数	単位	備考
通勤距離	-0.72	km	
性別	2.27	-	男性:1 女性:0
年齢	0.27	歳	
就業開始時間	201.90	秒	実験期間中就業を開始した平均的な時間
環境問題に関心がある	-2.98	-	関心がある:1 それ以外:0
健康に自信がある	-2.99	-	自信がある:1 それ以外:0

(3) 効果拡大施策の提案と導入効果の推計

前節で得られた各決定要因に対して、改善施策を提案する。まず通勤距離に関しては、通勤距離が短いほど自転車・徒歩通勤実施回数が増加するため、居住地変更が施策として考えられる。現在多くの企業は、就業者の居住地に関与しておらず、通勤距離に応じた手当を支給している。しかし、通勤距離が長くなれば、交通事故等のリスクは上昇する。また、日々の長距離に渡る自動車運転により、疲労が蓄積して仕事の効率が下がることも考えられる。よって、企業にとって通勤距離の減少は、環境・健康面のみでなく、業務効率の観点からもメリットがあると考えられる。居住地変更に対する具体的な施策としては、通勤手当の見直しが考えられる。現在の距離に応じた通勤手当の均等配布を見直し、長距離通勤者に対する通勤手当の減額等の施策を導入すれば、長期的ではあるが就業者の居住地を就業地周辺に移行することが可能と考える。重回帰分析より導かれた偏回帰係数を用い、各参加者の通勤距離を現在より 1～5 割減少させ環境・健康効果を推計した結果を図 5-8 に示す。通勤距離が減少するに従い CO₂ 削減率は、増加の傾向が見られるものの通勤距離の 1 割減を想定すると、CO₂ 削減率は現在の削減率と比べて 2%、高血圧/2 型糖尿病発症リスク削減率は、現在と比べて 0.3～0.4% の増加であり、通勤距離 5 割の減少を想定しても CO₂ 削減率は現在の削減率と比べて 12%、高血圧/2 型糖尿病発症リスク削減率は、-0.3～0.4% の増加と推計された。次に、環境と健康に関する意識に着目する。日常実施者は、環境に対する関心と、健康に関する自信の 2 つの変数が自転車・徒歩通勤実施回数に有効な変数として抽出されている。環境への関心については、関心が高い参加者が、健康への自信については、健康に関する自信がない参加者の方が、自転車・徒歩通勤実施回数が増加している。これは、環境意識が自転車・徒歩通勤の選択に影響を与えていることを示すとともに、健康に自信のない参加者は、健康に対する不安から積極的に運動をしようという意識が高まり、自転車・徒歩通勤を運動の機会として捉え自転車・徒歩通勤実施回数が増加したものと考えられる。今回の調査で、健康に自信があると答えた参加者は、133 名中 29 名であり、残り 101 名は、自身の健康に関して何らかの不安を持っていることが明らかとな

った。現在わが国の生活習慣病患者数の増加は深刻な問題の1つとなっており、人々の健康意識は高まっている。今回の健康を動機づけとした社会実験成果は、このような背景も後押しになったものと考えられる。そこで、環境問題に関する情報提供や、健康維持には、継続的な運動が必要である等、健康に関する情報提供を社会実験時のみでなくその後も継続し、環境や健康維持に対する参加者の意識を高めること。さらに、健康に関して根拠のない自信を持つ参加者に、健康に関する正しい情報を提供することが自転車・徒歩通勤の実施回数に有効な施策として考えられる。実験参加者の環境への関心、および、健康への自信が、情報の提供によりすべて自転車・徒歩通勤の実施回数増加に有効な方向に変化したと仮定し環境・健康効果を推計した結果を表 5-16 に示す。情報提供により、実験参加者すべてが環境への関心を持ったと仮定した場合、CO₂削減率は、現行に比べて3%、高血圧/2型糖尿病発症リスクは共に1%の増加、健康に対する自信の変更にしても、CO₂削減率は、現行に比べて3%、高血圧/2型糖尿病発症リスクは共に1%の増加となり、施策導入前に比べていずれも有意な上昇が見られる。通勤距離の削減施策として挙げた通勤手当の見直しは、人事制度にかかわるものであり、企業にとって施策の導入が容易に出来るものではないが、環境や健康に関する情報提供は、前者に比べ容易に実施が可能と想定される。よって日常実施者においては、環境や健康に関する情報提供が、比較的導入しやすく効果が期待できる施策であると思われる。

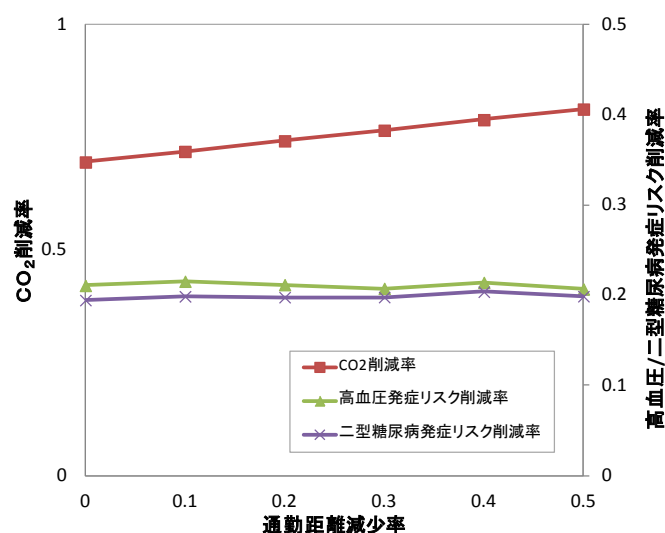


図 5-8 通勤距離変更による CO₂削減率と高血圧/2型糖尿病発症リスクの変化
(日常実施者)

表 5-16 健康促進のための施策導入予測結果

操作変数	CO ₂ 削減率	高血圧発症 リスク 削減率	2型糖尿病 発症リスク 削減率
施策導入前	0.70	0.19	0.18
環境に関心がある	0.73	0.20	0.19
健康に自信がある	0.73	0.20	0.19

一方施策による手段転換者においては、参加者の年齢を作為的に操作することは困難と想定されるため、これを除くと、通勤距離と就業開始時間が自転車・徒歩通勤実施回数の決定要因として挙げられる。

通勤距離に関して、日常実施者と同様に通勤距離を1割から5割減少させたときの環境・健康効果を推計した結果を、図 5-9 に示す。施策による手段転換者についても通勤距離が減少するに従い CO₂ 削減率は、増加の傾向が見られるものの通勤距離の1割減を想定すると、CO₂ 減少率は現在の削減率と比べて1%、高血圧/2型糖尿病発症リスク削減率は、0.3%の増加、5割減を想定しても CO₂ 減少率は現在の削減率と比べて8%、高血圧/2型糖尿病発症リスク削減率は、1～2%の増加であった。

次に、就業開始時間に着目する。就業開始時間は、遅いほど、自転車・徒歩通勤の実施回数に増加が見られる。加藤ら¹³⁾は、勤務体制と自動車通勤抑制意識との関係を調査し、フレックスタイムの導入が、自動車通勤を控えようとする意識を高める効果があることが示しており、朝の時間的余裕は、自転車・徒歩通勤の選択にプラスの影響を及ぼすものと考えられる。

これより、本件に関する施策としても、フレックス制度の導入等により、通勤開始時間にゆとりを持たせる施策が有効と考えられる。図 5-10に就業開始時間の変更に対するCO₂削減率、および、高血圧/2型糖尿病発症リスク削減率を示す。就業開始時間が遅くなるに従い、CO₂削減率、および、高血圧/2型糖尿病発症リスク削減率は、増加の傾向が見られ、就業開始時間1分あたり、CO₂削減率：0.35%、高血圧/2型糖尿病発症リスク：0.07～0.08%の増加となっている。今回の社会実験において、実験期間中自転車・徒歩通勤を半数以上実施者した参加者と半数未満の参加者の平均就業開始時刻を比較したところ、半数未満の実施者の平均就業開始時刻が7時57分43秒であるのに対し、半数以上の実施者の平均就業開始時刻は8時8分2秒と、約10分の差が見られた。提案施策等の導入により、平均就業開始時間が10分遅延したと想定すると、CO₂削減率：3.5%、高血圧/2型糖尿病発症リスク：0.7～0.8%の増加となる。施策による転換者においては、日常実施者で提案した情報提供では自転車・徒歩通勤実施回数の増加は期待できず、通勤距離、就業開始時刻のような人事制度の見直しが必要となるが、算定で用いた就業開始時間の10分程度の遅延であれば、現実的な数値

と思われる。以上の分析より、社会実験参加者の自転車・徒歩通勤実施回数を増加し、環境・健康効果をさらに高めるためには、日常実施者に対しては、環境や健康維持に関する情報提供、施策による手段転換者に対しては、フレックスタイム制度の導入等による就業開始時間の遅延が効果的であることが示された。

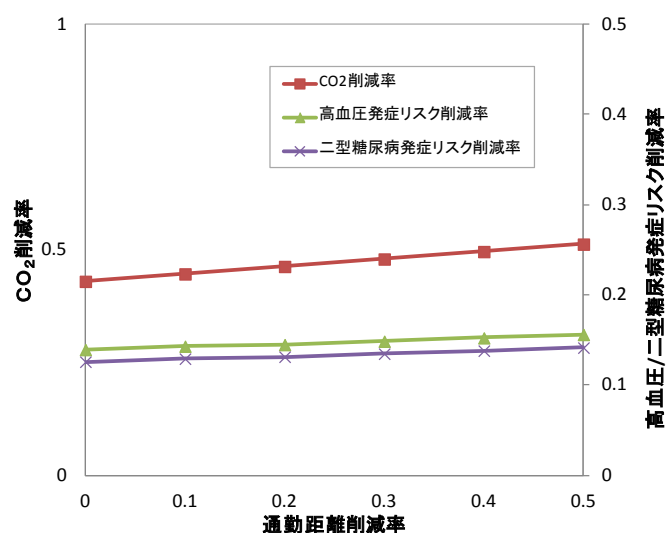


図 5-9 通勤距離変更による CO₂ 削減率と高血圧/2 型糖尿病発症リスクの変化
(施策による手段転換者)

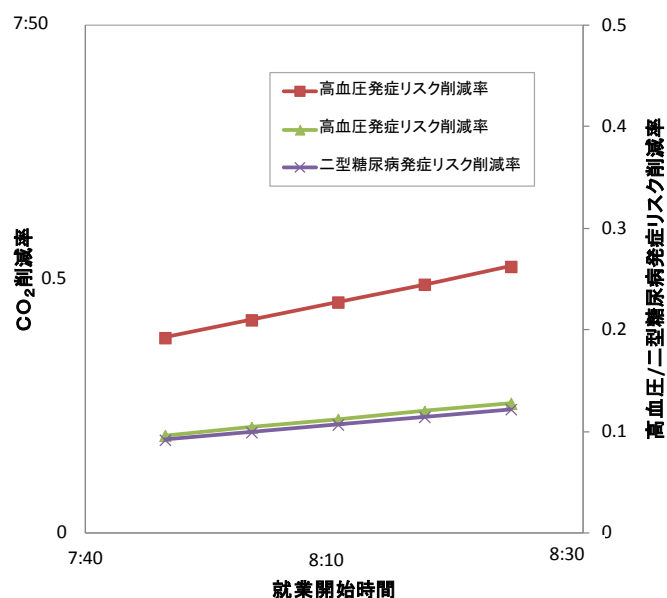


図 5-10 就業開始時間変更による CO₂ 削減率と高血圧/2 型糖尿病発症リスク
の変化 (施策による手段転換者)

5.4. 結語

本研究は、健康を動機づけとしたモビリティ・マネジメント社会実験を行い、環境、および、健康促進効果を評価した。その結果、以下のことを明らかにした。

- ・地方都市において、健康を動機付けとした自転車・徒歩通勤を実施したところ、男性 6%、女性 2%の参加が得られた。
- ・自転車・徒歩通勤の習慣性に着目すると、習慣化していない参加者は、習慣化している参加者に比べて自転車・徒歩通勤の実施回数が少ないことが分かった。
- ・社会実験中の通勤活動を今後も社会実験中と同様に継続すれば、CO₂を43～65%、高血圧症発症リスク、および、2型糖尿病発症リスクを12～17%削減できる可能性があることが明らかとなった。
- ・環境・健康効果をさらに高めるためには、日常実施者に対しては、環境や健康に関する確な情報提供。施策による手段転換者に対しては、就業開始時間の変更が有効であることが明らかとなった。

ただし今回の社会実験は、比較的自転車・徒歩通勤がしやすい秋に1ヶ月間の実験を行っている。ここで行った環境・健康促進効果の推計は、社会実験中の通勤行動を今後継続することを前提としているが、一般に気温や天気により、自転車・徒歩通勤の実施回数は変動することが予測される。さらに正確な推定を行うには、これらを考慮した長期的な計測が必要と思われる。

環境・健康効果の拡大施策は、施策により全ての参加者意識や行動が変化すると想定して推計しているものであり、実際に導入した際には、参加者全員の意識や行動が変化するとは限らない。また、本研究で提案した施策を、対象企業の全従業員に導入した場合、今回実験に参加していない就業者の新たな参加も想定されるが、本研究は、今回実験に参加した者の実施回数増加を目的とした施策であるため、新たな参加者の増加については加味していない。今後は、新たな社会実験参加者の増加についても検討の必要があると思われる。

また本研究は、行動変容段階別に自転車・徒歩通勤の実施回数を増加させることを目的として施策を検討したが、施策による手段転換者に比べて日常実施者の自転車・徒歩通勤実施回数は、有意に大きい。よって、施策による手段転換者を日常実施者へと変容させる施策についても今後分析すべきではあるが、本研究は、地方都市における健康MMの可能性を示せたものと考ええる。

第5章 参考文献

- 1) 中井翔太, 谷口守, 松中亮治: 健康意識に働きかける MM の有効性—万歩計を用いた健康歩行量 TFP を通じて—, 土木学会論文集 D, vol64, No.1, pp.45-54, 2008.
- 2) 瀬戸祐介, 大森宣暁, 原田昇: 健康に着目した交通手段転換に関する研究, 第 27 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.333-336, 2007.
- 3) とくしま環境県民会議: 低炭素地域づくり面的対策推進事業報告書, 2008.
- 4) トランス・セオレティカルモデル: <http://blogs.yahoo.co.jp/uechihiroaki/13312460.html>
- 5) 島井 哲志: やめられない心理学, 集英社新書
- 6) 真坂美江子, 加藤研二, 近藤光男, 奥嶋政嗣: 地方都市における健康支援に着目した低炭素交通施策導入に関する評価分析, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.68, No.4, pp.400-411, 2012.
- 7) 厚生労働省: 平成 21 年国民健康・栄養調査報告, 2009.
- 8) 藤井聡, トミー・ヤーリング: 交通需要予測における SP データの新しい役割, 土木学会論文集, No.723, IV58, pp.1-14, 2003.
- 9) 藤井聡, BI 法に基づくバス利用の行動一意図の一致性分析, 土木計画学研究・講演集, No.27, pp.169-172, 2003.
- 10) James O. Prochaska, Wayne F. Velicer: The Transtheoretical Model of Health Behavior Change, The Science of health promotion, Vol.12, No.1, pp.38-48, 1997.
- 11) Tomoshige Hayashi, et al.: Walking to Work and the Risk for Hypertension in Men: The Osaka Health Survey, pp.21-26, Annals of Internal Medicine, Vol. 131, No. 1, 1999.
- 12) David E. et al.: Physical Activity in the Prevention of Type 2 Diabetes The Finnish Diabetes Prevention Study, pp.158-165, DIABETES Vol.54, 2005.
- 13) 加藤 研二, 真坂 美江子: 健康支援施策・勤務体制優遇施策と自動車利用抑制意識・自動車利用抑制困難意識の関係, 交通工学研究発表会論文集, 第 31 回, pp.375-380, 2011.

第6章 結論

6.1. 本研究で得られた成果

地球温暖化は、世界が直面している深刻な地球環境問題のひとつである。地球温暖化の原因となる温室効果ガス排出の内訳を見ると、最も多いのが運輸部門であり、運輸部門における二酸化炭素排出量削減の取り組みは必須とされている。また、増加のほとんどが自家用自動車の増加によるものであることから、自動車に依存した生活を抜本から見直す交通政策が求められている。しかしながら「大気」は、公共の財の性質を持っているため、自身が対策をとらなくてもフリーライドすることが可能であり環境問題は深刻化している。このような「ジレンマ」を解決しない限り環境問題は解決しないと考えられている。そこで本論文は、健康を動機付けとした低炭素政策を検討した。なぜなら、健康は、活動者自身の恩恵に繋がるものであり、現在環境問題における社会的ジレンマの要因となっている、フリーライドが生じずに、環境活動者が活動成果を自身のメリットとして得ることが可能となるためである。調査および実証実験から得られた知見を以下にまとめる。

第3章は、地方都市郊外従業者を対象とし、健康支援サービスを想定した際の自動車抑制意欲を調査した。その結果、健康支援サービスの提供は、奨励金政策等に比べて、高い自動車抑制意欲が得られることが明らかとなった。特に、高いCO₂削減効果が期待できるものは、摂取エネルギーの提供であり、32%の被験者が、サービス提供により自動車を控える意思があるとの回答が得られた。次いで、削減効果が高いものが、消費エネルギーの提供と健康アドバイスの提供であった。また、経済的な観点から見て、定期健診のような対面式の健康支援では、費用が多大にかかるため、低炭素交通政策として健康支援サービスを導入するためには、ITシステム等を用いた自動支援が必要であることも明らかとなった。

そこで、第4章では、自動支援に必要な技術検討を行った。最もCO₂削減効果が期待できる摂取カロリーについては、現在写真からカロリーを自動計算するサービスがすでに提供されているが、消費カロリーの算定に関しては、現在のアルゴリズムを適用した場合、交通手段利用時の消費エネルギーは誤推定される可能性があった。そこで、実証実験を行い、交通手段利用時に消費エネルギーを的確に推計できる手法を検討した。その結果、1手法で様々な交通手段利用時の消費エネルギーを算定することは不可能であったが、利用する交通手段によって算定手法を切り替えることで、必要十分な算定が可能であることが分かった。

第5章は、実証実験を行い、本地における健康を動機付けとした低炭素交通政策の導入効果を検証した。チラシにて実験協力への呼びかけをおこなった結果、136名の参加者が得られた。全従業者に対する参加率は、5%であり、事前のアンケートによる自動車抑制の意思表示者24%と、行動と意思に大きな乖離が見られた。しかしながら、参加いただいた方の多くが、日々積極的な自転車・徒歩通勤を実施しており、今後も現在の行動を継続した

場合、自動車通勤をした場合に比べて、高血圧症発症リスク、および、2型糖尿病発症リスクを15～16%削減できる可能性が得られた。一方で、今回の社会実験をきっかけに自転車・徒歩通勤を実施した被験者を詳しく考察したところ、習慣的に自転車・徒歩通勤を実施している被験者に比べて実施できる回数は6割程度となっており、施策に参加したにもかかわらず、健康効果が期待できない被験者が存在することが明らかとなった。これらの被験者をフォローするためには、就業開始時間の調整が有効であることを明らかとした。

以上の知見より、健康を動機付けとした低炭素交通政策は、地方都市において環境・健康双方の面から効果が期待できるものである。特に生活習慣病改善の観点から、これまでの治療内容は、日常生活での努力や我慢を強いられるものが多いといわれているが、通勤行動により生活習慣病予防に一定の効果が期待できることが示されたことは、有意義な成果と考える。本研究の成果は、同様の課題を抱える地方都市において、今後低炭素交通政策のモデルケースとして貢献するものと考ええる。

6.2. 今後の課題

本論文により、健康を動機付けとした低炭素交通政策は、地方都市において一定の成果が得られる可能性を示すことは出来たが、通勤社会実験における実験参加率は、対象者全体の1割程度であった。本来、MMの特徴は個人を対象とした行動支援にあるが、今回実施した社会実験は、一律の情報提供であり個人に合わせた行動支援とはなっていない。十分な導入効果を得るためには、個人に合わせた決め細やかな支援が今後必要と考えられる。このような支援手法は、すでに行動心理学の分野において研究が進められている。中でも近年注目されているモデルに、トランス・セオレティカルモデル(以下TTMと略す)と呼ばれるものがある。本モデルは、行動の変容が長期間にわたって段階的に達成されることに着目し、個人の変容ステージに併せた支援を行うものである。TTMは、禁煙に代表されるような不健康な習慣的行動の改善に有効であると報告されている。本論文で変容対象とした、「自動車に依存した生活からの脱却」は、上記と非常に類似した行動であり、交通部門におけるTTMの適用は、難航する交通部門における新たな低炭素政策としての可能性を持つものと考えられる。今後は、上記モデルによる既往研究を参考にしながら、個人の変容段階に合わせた支援手法の検討が必要と考える。

謝辞

本論文を結ぶに当たり，研究を遂行する上でご指導とご支援をいただいた方々に感謝の意を表します。

まず，徳島大学大学院 近藤光男教授には，筆者が研究室に配属されて以来，終始暖かいご指導とご鞭撻を賜りました．近藤光男先生の研究に対する情熱や学生各々の性格に応じたご指導の姿勢に日々感服するとともに，その幅広い見識や多くの創見，さらに心の広さを学ばせていただきました．

また，徳島大学大学院 奥嶋政嗣准教授には，交通工学の専門的な立場から，研究の方向性，データの収集方法，分析方法などについてご指導いただきました．奥嶋政嗣先生には，周密な思惟からなるご助言を頂き，怠ることなく研究を遂行することができました．

そして，阿南工業高等専門学校 加藤研二准教授には，本研究を立ち上げた当初より，研究の基本的な手法から調査のあり方や考察方法など，細部に渡るご指導いただきました．

本論文をまとめるにあたりましては，徳島大学大学院 山中英生教授，ならびに，藤澤正一郎教授に貴重なご指導および審査を賜りました．

最後に，調査にご協力いただいた多くの方々に感謝いたします．本論文での実証的な解析は，すべて調査にご協力いただいて得た結果によるものであります．ここに記しきれない多くの方々の学恩，ご指示により本研究がなされたことを心より感謝いたします．